

Aus dem Hygienischen Institut in Kiel
(Stellvertretender Direktor: Prof. Dr. Ludwig Bitter).

Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Dräger-Aqua-Taschenapotheke zur Entkeimung von Trinkwasser.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

von

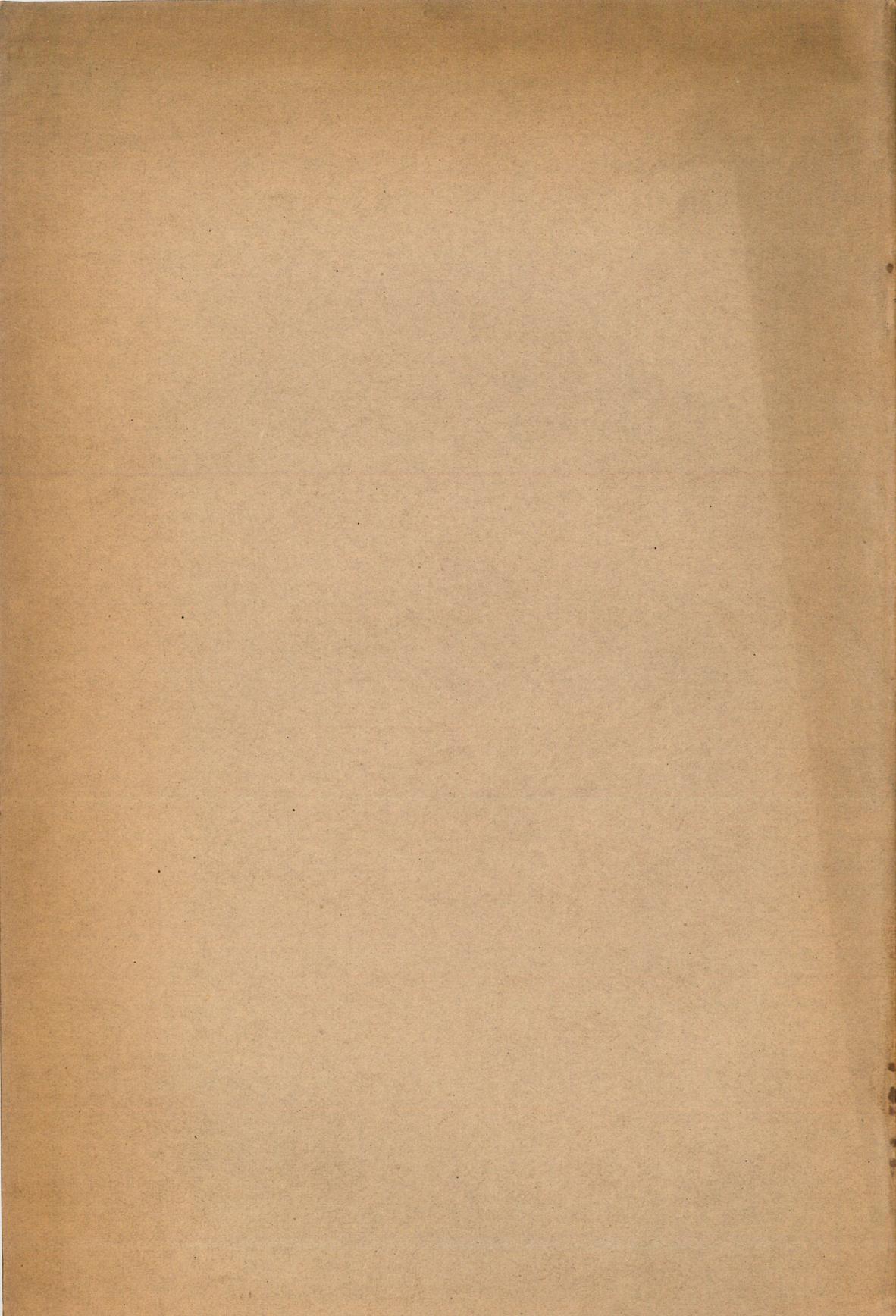
Willy Bender,

Marine-Assistenzarzt d. Res.
aus Bernstadt in Schlesien.

Berlin 1918.

Druck von L. Schumacher, N. 4.





Aus dem Hygienischen Institut in Kiel
(Stellvertretender Direktor: Prof. Dr. Ludwig Bitter).

Untersuchungen über die Brauchbarkeit der Dräger-Aqua-Taschenapotheke zur Entkeimung von Trinkwasser.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt der

Hohen medizinischen Fakultät

der

Kgl. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

von

Willy Bender,

Marine-Assistenzarzt d. Res.
aus Bernstadt in Schlesien.

Berlin 1918.

Druck von L. Schumacher, N. 4.



No. 33.

Rektoratsjahr 1917/18.

Referent: Prof. Dr. Ludwig Bitter.

Zum Druck genehmigt:

Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Graf v. Spee,
zurzeit Dekan.

Meinen lieben Eltern.



Zur Entkeimung von Trinkwasser bei Verdacht auf Verunreinigung mit pathogenen Keimen z. B. zu Epidemiezeiten, auf Schiffen, im Kriege bei militärischer Versorgung mit den gerade vorhandenen Wasserquellen (offene verunreinigte Brunnen, Tümpel, Teiche, Gräben, Flüsse), sind verschiedene Methoden gebräuchlich, deren Verwendungsmöglichkeit jedoch immer in irgend einer Hinsicht beschränkt erscheint.

Das gebräuchlichste und wohl auch älteste Verfahren ist das thermische. Während der Erfolg ein absolut sicherer ist, „wenn man das Wasser 5 Minuten im Sieden hält“ [Flügge (1)], liegt die Schwäche des Verfahrens in der Umständlichkeit, der langen Dauer und der Beschränkung auf eine verhältnismässig geringe Wassermenge, letztere zum grössten Teil abhängig von der Grösse der verwendeten Gefässe bzw. Apparate und der Brennkraft. Diese Missstände können allerdings bei Verwendung von geeigneten Wasserkochapparaten (z. B. von Siemens & Co., Berlin) in erheblichem Maasse eingeschränkt werden; immerhin bleibt aber die Beschaffung und der Transport dieser Apparate umständlich und verhältnismässig kostspielig. Der fade Geschmack des gekochten Wassers, bedingt durch zu hohe Temperatur, Mangel an Kohlensäure- und Sauerstoffgehalt, kann durch richtige Temperierung, Lüftung oder geschmackverbessernde Mittel (Citronenwasser, Tee usw.) behoben werden.

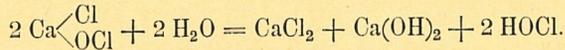
Noch mehr Mängel haften in praktischer Hinsicht dem mechanischen Verfahren, der Entkeimung mit Hilfe von Filtern an. Die meisten Filter (Kohle, Sand, Filz, Wolle) halten nur grobe Verunreinigungen zurück, während sie für aufgefangene Bakterien sogar einen günstigen Nährboden zur Weiterentwicklung schaffen können, der selbst dann wieder zur Infektion des durchgeschickten Wassers führen kann. „Ein sicher bakterienfreies Filtrat liefern wenigstens zeitweise die Pasteur-Chamberlandschen Tonfilter und die Berkefeldschen Kieselgurfilter“ [Flügge (1)]; aber auch nur zeitweise, denn nach wenigen Tagen der Benutzung wachsen die Bakterien auf die Abflussseite des filtrierten Wassers hindurch und machen so den Erfolg der Filtration hinfällig. Ferner nimmt die Menge des Filtrats rasch mit der Zunahme der

aufgefangenen und angesetzten Filtrerrückstände auf der Kerze ab, so dass mindestens alle 8 Tage Reinigung und Auskochen der zudem noch sehr zerbrechlichen Teile nötig erscheint.

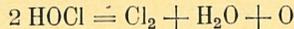
Der Entkeimung von Trinkwasser mit ultravioletten Strahlen stehen bis zur Zeit grosse technische Schwierigkeiten gegenüber. Vor Allem bedeutet schon der Misserfolg bei nur etwas getrübttem Wasser Ausschluss für allgemeine Verwendung.

Für eine chemische Entkeimung sind ziemlich zahlreiche Reagentien verwendbar, so das Ozon, das Kupfersulfat, Kaliumpermanganat und Wasserstoffsuperoxyd kombiniert, das Wasserstoffsuperoxyd allein, die Citronensäure, die Salzsäure (Cholera vibriionen) oder schliesslich der Chlorkalk. Speciell der letztere ist ein Gegenstand vielfacher Untersuchungen geworden.

Wie die Wirkung des Chlorkalks in wässriger Lösung nach Bildung von unterchloriger Säure zu erklären ist, wird verschieden angegeben. Während früher die Annahme herrschte, dass das freiwerdende Chlor die Wirkung hervorbringe, wird jetzt meistens dem freiwerdenden Sauerstoff die desinficierende Kraft zugesprochen:



Nun kann die unterchlorige Säure in Chlor, Sauerstoff und Wasser gespalten werden nach der Formel:



und so Chlor und Sauerstoff zusammen desinficieren; oder aber es bildet sich aus unterchloriger Säure Salzsäure und Sauerstoff, so dass die Oxydationsfähigkeit des aktiven Sauerstoffs wohl allein in Betracht kommen dürfte. Die an sich stark desinficierende Salzsäure [Kitasato (2), Boer (3), Ludwig Bitter (4)] würde sich nämlich mit dem wenigstens in härterem Wasser fast immer vorhandenen kohlen-sauren Kalk des Wassers zu Chlorcalcium, Wasser und Kohlendioxyd umsetzen. Der aus dem Chlorkalk, wie oben hervorgehoben, entstehende Aetzkalk bildet mit der Kohlensäure ebenfalls kohlen-sauren Kalk. Sämtliche Umsetzungen zeigen, dass dem Trinkwasser keine ihm völlig fremden oder der menschlichen Gesundheit schädlichen Bestandteile zugesetzt werden [Thiem (5)]. Ob und inwieweit der entstehenden Salzsäure nicht doch wenigstens in kalkarmen Wässern eine desinficierende Kraft zugesprochen werden kann und darf, soll weiter unten erörtert werden.

Am ehesten und meisten angewendet wurde der Chlorkalk zur Wassersterilisation in Amerika. Die erfolgreiche Bekämpfung einer Reihe von Epidemien in amerikanischen Städten wurde durch systematische Trinkwassersterilisationen erreicht unter Anwendung von Chlorkalk in Verdünnung 1:300000 nach 6 stündiger Einwirkung [Flügge (1), Imhoff und Saville (6)]. Laboratoriumsversuche über die Wirkung des Chlorkalks wurden in Amerika anfangs nur in Hinsicht der Keimverminderung überhaupt ohne besondere Rücksicht auf die Bakterienarten gemacht. Nachdem Traube (7) im

Jahre 1894 in Deutschland die ersten derartigen Versuche unternommen hatte, folgten weitere exakte Untersuchungen [Karlinski (8), Kartschmer (9), Sickenberger und Kaufmann (10), Lode (11), Bassenge (12), Hünermann und Deiter (13), Schüder (14), Rabs (15)]. Während ein Teil der angeführten Untersucher mit sehr kleinen Mengen Chlorkalk bzw. Chlor günstige Resultate erzielte, konnten besonders die zuletzt genannten nur mit weit grösseren brauchbare Abtötungsergebnisse pathogener Keime im Wasser erreichen. Zwar gelang auch weiterhin Engels (16) bei Anwendung von 0,45 g Chlorkalk pro Liter eine erfolgreiche und zuverlässige Wassersterilisation, er musste aber eine praktische Verwendbarkeit solcher Mengen in Zweifel ziehen, da der dadurch bedingte intensive Chlorgeschmack des Wassers dieses ungeniessbar machte oder nach dessen Beseitigung durch Natriumsulfit das entstehende Natriumsulfat für den Genuss als nicht unschädlich anzusehen war. Versuche von Schwarz und Nachtigall (17), ferner von Grimm (18) führten infolge Anwendung von zu geringen Mengen zu nicht brauchbaren Resultaten. Bruns (19) glaubte, dass für praktische Zwecke schon ein Verfahren, „das nicht sämtliche pathogene Bakterien bis zum allerletzten abzutöten vermag, sondern das nur gestattet, mit Sicherheit auf eine wesentliche Abnahme der etwa im Wasser vorhandenen zu rechnen“, unter Umständen genügte. Es gelang ihm auch, bei Chlorkalkverdünnung von 1:500000 bis 750000 in den Ruhrwasserwerken bei Versorgung von etwa 300000 Menschen „eine beim Beginn der Versuche herrschende Typhusepidemie etwa 3 Wochen nach dem Einsetzen der Chlorkalksterilisation zum Abklingen“ zu bringen. Antonowsky (20) versuchte die gleichzeitige Verwendung von Chlorkalk und Wasserstoffsperoxyd (letzteres hauptsächlich als Geschmacks-korrigens) und konnte so durch 10-Minuten langes Einwirken von Chlorkalkmengen, die 2 mg aktivem Chlor pro Liter Wasser entsprachen, eine Keimverminderung um 99,95% erreichen.

Ein Mangel fast all dieser Versuche ist darauf zurückzuführen, dass mit den — zur Sterilisation zu geringen — Chlorkalkmengen versucht werden musste, die beste Wirkung zu erhalten, die noch nicht durch Geschmacksänderung das Wasser zum Genuss unbrauchbar machten, eine Bedingung, die erst fallen gelassen werden konnte, als es gelang, chemische Verbindungen zu finden, deren nachträglicher Zusatz gestattete, bei Verwendung selbst grösserer Mengen Chlorkalk ein geschmacklich und gesundheitlich einwandfreies Wasser herzustellen. Die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. haben ein patentiertes Verfahren ausgearbeitet, wobei sie zur Beseitigung der auch von Rabs (15) betonten schweren Benetzbarkeit des Chlorkalks die gleiche Menge Kochsalz zusetzen und als Geschmackskorrigens Natriumperkarbonat nach Beendigung der Chlorkalkwirkung verwenden. Der entstehende Niederschlag muss abfiltriert werden. Langer (21) hat das Verfahren einer Prüfung unterzogen und ist zu folgendem Ergebnis gekommen:

1. Ein Chlorkalkzusatz von 0,5 g pro Liter (entsprechend etwa 0,12 g freiem Chlor) gibt selbst bei Wässern mit starker Verunreinigung (30–40 mg

KMnO₄-Verbrauch) eine hinreichende Sicherheit für die Abtötung pathogener Bakterien, namentlich wenn durch Vermischen des Chlorkalks mit gleichen Mengen Kochsalz für feine Verteilung gesorgt wird.

2. Es gelingt, durch Zusatz der berechneten Menge Natriumperkarbonat nach der Chlorkalkbehandlung ein geschmacklich völlig einwandfreies Wasser zu gewinnen.

3. Durch nachträgliche Filtration durch geeignete Filter, z. B. Sucrofilter, die natürlich öfter gereinigt werden müssen, wird ein völlig klares Wasser gewonnen. Wo also eine Sterilisation durch Hitze ausgeschlossen oder zu zeitraubend erscheint, oder ohnehin Trübungen des Wassers eine Filtration notwendig machen, kann mittels des Chlorkalk-, Kochsalz- und Perkarbonatverfahrens eventuell in Kombination mit der (Sucro-)Filtration ein Trinkwasser erzeugt werden, das den durch chemische Sterilisierung bis jetzt erreichbaren Grad von Unschädlichkeit und Genussfähigkeit besitzt.“

Mit Rücksicht auf den jetzigen Krieg hat Dr.-Ing. H. Thiem (5) die Chlorkalksterilisation in ihren Grundlagen und ihrer praktischen Verwendung fürs Feldheer zum Gegenstand einer Abhandlung gemacht. Er stellt als Endpunkt einer Wasserdesinfektion — offenbar in Anlehnung an Bruns (19) — den Grundsatz auf: „Man muss sich mit einem Rückgang der Bakterienzahl soweit genügen lassen, dass keine Krankheitsübertragung mehr stattfinden kann. Bei der Filtrierung des Wassers durch Sand und Kies verlangt keine Sanitätsbehörde völlige Keimfreiheit des reinen Wassers. Was dem Filterverfahren recht ist, muss dem Chlorverfahren billig sein“. Daher kommt auch er wieder zur Verwendung von nur geringen Mengen; 2 g auf 1000 Liter bei Brunnen und Quellwässern, 4—5 g bei Oberflächenwasser, 10 g bei stark verunreinigten Wässern sind seine Grenzwerte. Brunnen- und Quellwässer sollen dann nach 10 Minuten ohne weiteres trinkbar sein, Oberflächenwasser nach einer halben Stunde und nach erfolgter Neutralisation mit unterschwefligsaurem Natron. Wenn schnellere Sterilisation nötig erscheint, soll letzteres schon nach Zusatz von 2 g Chlorkalk auf 1000 Liter und $\frac{1}{4}$ Minute später erfolgtem Zusatz von $\frac{1}{2}$ ccm Pharmakopöe-Salzsäure pro Liter in 5 Minuten keimfrei befunden werden. Bei Schmutzwasser muss nach Thiems Angabe „die Zeitdauer der Chlorwirkung 1—2 Stunden betragen“ und bis zu 10 g Chlorkalk auf 1000 Liter zugegeben werden, „unterschwefligsaures Natron in der Hälfte der gewählten Chlorkalkmenge“.

Diese Abhandlung hat nun das Dräger-Werk in Lübeck zur Grundlage genommen, um mittels eines patentierten Verfahrens „die Entkeimung von Trink- und Waschwasser mittels der Dräger-Aqua-Taschenapotheke auszuführen“.

Es erscheint wohl interessant und angebracht, eine Nachprüfung über den Wert dieses besonders für den Gebrauch im Felde geschaffenen, von jedem Soldaten leicht mitzuführenden und zu handhabenden kleinen Apparates bzw. Mittels anzustellen.

Es bestehen zwei Packungen, Modell I und Modell II; letzteres enthält neben doppelter Menge Chemikalien auch noch „S-Lösung“ (Salzsäure) zur

etwa gewünschten schnelleren Sterilisation. Modell I soll für ein Jahr zur Sterilisation von Trink- und Waschwasser für eine Person reichen. Es besteht aus einem $2\frac{1}{2}$ cm hohen, 6 cm breiten, $8\frac{1}{2}$ cm langen, weisslich grauen, emaillierten Blechkästchen, das aus zwei als Schalen brauchbaren Deckeln gebildet wird. Darin befindet sich ein grösseres, mit einem Gummistopfen gut verschlossenes Röhrchen mit weissem etwas bröckligem Pulver, dem sogenannten „C-Pulver“ (Chlorkalk), ein zweites ebenso verschlossenes kleineres Röhrchen enthält das Geschmackskorrigens („N-Pulver“, Natriumthiosulfat); ein schlecht benetzbares Filtriertuch, eine 16 ccm fassende Tropfflasche aus dunklem Glas, ein Löffel, der auch an seinem schmalen Ende eine kleine löffelartige Vertiefung trägt, vervollständigen den Inhalt des Kästchens mit folgender Gebrauchsanweisung:

„Die Verwendung von Wasser unbekanntem Charakters zum Trinken und Reinigen ist infolge der in ihm enthaltenen Krankheitskeime immer gefährlich. Typhus, Ruhr, Cholera und andere meist lebensgefährliche Krankheiten werden hervorgerufen und verbreitet.

Im Dräger aqua wird ein Mittel gegeben, selbst das stärkst verseuchte Wasser in kurzer Zeit unschädlich und für den Genuss brauchbar zu machen.

Bevor an die Behandlung des Wassers herangegangen wird, ist über die Herkunft des Wassers möglichste Klarheit zu schaffen, um gegebenenfalls an Zeit und Chemikalien sparen zu können. Es ist bekannt, dass Grundwasser, Brunnenwasser viel weniger Keime enthält — es ist durch Erdreich gewissermassen filtriert — als Oberflächenwasser von Seen oder Teichen oder gar das Flusswasser dicht unterhalb von Ortschaften, das die Abwässer aus Wohnungen oder Fabriken mit sich führt.

Grundwasser. Für die Entkeimung von Grundwasser genügt ein Tropfen C-Lösung für 2 Liter Wasser, um in 5—10 Minuten sichere Entkeimung zu erzielen. Der Geschmack wird durch diesen geringen Zusatz nicht geändert.

Oberflächenwasser aus Flüssen und Bächen, Seen und Teichen. Ist es klar und durchsichtig oder stammt es aus etwas trüben Gebirgsbächen — die Trübung rührt hier von unschädlichen erdigen Bestandteilen her —, dann genügen 2 bis 3 Tropfen C-Lösung auf 2 Liter Wasser, um nach 20—30 Minuten sicher keimfreies Wasser zu erhalten. Kann die angegebene Zeit nicht aufgewendet werden, so ist 15 Sekunden nach Zugabe der C-Lösung 1 ccm — etwa 12 Tropfen — S-Lösung (Pharmakopöe-Salzsäure) auf 2 Liter Wasser hinzuzugeben. Jetzt tritt schon nach 5 Minuten sichere Entkeimung ein. (S-Lösung ist nur den grösseren Packungen des Dräger aqua beigegeben).

Wasser aus Tümpeln und Lachen, unreines Flusswasser. Hier ist stets mit grosser Verunreinigung durch Bakterien zu rechnen. Der Grad der Verunreinigung kann durch aufmerksame Besichtigung der Umgebung und des Wassers selbst geschätzt werden. Liegen pflanzliche Reste im Wasser, oder ist der Boden der Wasseransammlung bewachsen, dann ist mehr C-Lösung erforderlich, als wenn beides nicht beobachtet wird. Schlimmstenfalls ist ein Zusatz bis zu 10 Tropfen C-Lösung nötig, wonach 2 Stunden Wartezeit bis zur sicheren Entkeimung erforderlich ist. Durch Zusatz von S-Lösung 15 Sekunden nach Zugabe der C-Lösung lässt sich diese Wartezeit bedeutend abkürzen. Sichtlich schmutziges Wasser mit groben Verunreinigungen wird, wenn möglich, vor der Entkeimung filtriert, um nicht zuviel C-Lösung zusetzen zu müssen und um grössere, schwebende Körper zu entfernen.

Im allgemeinen soll nicht nach dem Grundsatz „Je mehr, umso besser“, verfahren werden. Stets sind die gegebenen Regeln möglichst genau zu befolgen, um nicht unnötig den Geschmack des Wassers verbessern zu müssen.

Der Geschmack des Wassers wird durch Zugabe von einem Tropfen C-Lösung auf 2 Liter Wasser nicht verändert. Bei Zugabe von 2 Tropfen wird eine Geschmacksänderung kaum bemerkt. Erst bei Zugabe über 2 Tropfen macht sich der nicht unangenehme Geruch und Geschmack der C-Lösung bemerkbar. Die C-Lösung ist absolut unschädlich, selbst wenn von Wasser, das mit 10 Tropfen auf 2 Liter versetzt ist, dauernd getrunken wird. Durch Stehenlassen oder Abkochen verschwindet der Geruch; bei kaltem Wasser ist er weniger leicht zu spüren als bei warmem Wasser. Der Geruch kann sofort beseitigt werden durch Zugabe von N-Pulver, von dem mittels des kleinen Löffels am Stielende des Reibers halb so viele Masse hinzuzugeben sind, als vordem Tropfen C-Lösung gegeben wurden. Der Löffel ist nicht gehäuft, sondern nur gestrichen voll zu nehmen.

Die Vermehrung der mineralischen Bestandteile des Wassers durch die Zugabe der C-Lösung und des N-Pulvers ist so gering — 1 bis 2% —, dass sie nicht die geringsten Bedenken zu erregen vermag.

Das Neuansetzen der C-Lösung muss nach je 3 Wochen geschehen, da sie sich nicht länger in genügender Stärke hält. Um neu anzusetzen, wird in gedämpftem Tageslicht — niemals in direktem Sonnenlicht — ein grosser Löffel C-Pulver (gestrichen voll) dem Glasbehälter entnommen und in der einen Schalenhälfte mit einer Wassermenge von der Grösse des Inhaltes der C-Lösungs-Tropfflasche verrieben. Zum Zerreiben dient der grosse Löffel. Diese neue Lösung wird mit Hilfe der zweiten Schale durch das Filtriertuch in die Tropfflasche gefiltert, und die Lösung für weitere 3 Wochen ist fertig. Die Lösung soll nicht trübe aussehen. Trübe Lösung ist unbenutzt zu lassen, bis sie sich geklärt hat.

Nach dem Gebrauch sind alle Teile gut zu reinigen und abzuspülen.

Der Chemikalienvorrat der Drägeraqua-Packung Modell I reicht für 1 Jahr für Trink- und Waschwasser, der Chemikalienvorrat der Drägeraqua-Packung Modell II für 2 Jahre und 1 Person oder für 2 Personen 1 Jahr.“

Zu meinen Versuchen wurde die C-Lösung genau nach Vorschrift bereitet und zunächst festgestellt, dass diese Bereitung mit den vorhandenen Hilfsmitteln ohne alle Schwierigkeiten gelang. Die Lösung wurde bei Zimmertemperatur gut verschlossen und dunkel aufbewahrt. Ihre Wirkung wurde in der Weise geprüft, dass bis zu 10 Tropfen zu 2 Liter Leitungs-, Regen- oder Schmutzwasser hinzugesetzt wurden, das etwa 200 bzw. 2000 Millionen Keime einer 18 oder 24 Stunden alten Agarkultur von *Bacterium coli commune* enthielt. Bei jeder Versuchsreihe wurden 2 mal je 2 Liter mit der gleichen Bakterienabschwemmung und mit verschiedener Tropfenmenge versetzt, ferner 2 Liter als Kontrolle nur mit Bakterienaufschwemmung. Die Entnahme zur Feststellung noch vorhandener lebensfähiger Keime geschah mit sterilen Pipetten 5, 10, 15, 20, 30, 45, 60, 120 Minuten und 24 Stunden nach dem Zusatz der Bakterien und der bald darauf erfolgten Chlorkalkbeimengung. In den Versuchsreihen 1—9 wurde jedesmal $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{10}$ ccm von dem zu sterilisierenden Wasser und $\frac{1}{10}$ ccm von der Kontrolle entnommen, in Reagensröhrchen mit etwa 10 ccm Fleischbrühe gegeben und zu einer 5 tägigen Beobachtung auf das Wachstum noch lebensfähiger Keime bei Bruttemperatur gehalten. Nur

einmal in Versuchsreihe 8 erfolgte Stehenlassen bei Zimmertemperatur. Aus den Bouillonröhrchen wurde je nach dem sichtbaren Wachstum nach 1—5 Tagen auf einfachen Bitter-Agar ausgesät, um die die Trübung der Fleischbrühe bewirkenden Mikroorganismen als Kolonbakterien zu identifizieren. Wenn nötig, wurden mikroskopische und weitere biologische Untersuchungen angeschlossen. Da sich in den Versuchsreihen 1—9 nach je 160, zusammen also 320 Entnahmen von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{10}$ ccm zu sterilisierenden Wassers nur 3 mal ein Unterschied bei den gleichzeitig entnommenen Proben in dem Ergebnis vorfand, wurde der Wert der Aussaat dieser verschiedenen Mengen für geringfügig gehalten und in den folgenden Versuchsreihen 10—16 immer 1 ccm zur Entnahme verwendet. Um dem Vorwurf zu entgehen, dass ja bei Aussaat von 1 ccm in 10 ccm Fleischbrühe die in dem einen Kubikcentimeter enthaltene C-Lösungskonzentration nun immer noch in $\frac{1}{10}$ der ursprünglichen Konzentration tagelang nachwirken könne, wurde ein Parallelversuch mit Aussaat in 50 ccm Fleischbrühe enthaltende Kolben angestellt. Es war schon vorauszusehen, dass die noch eventl. vorhandene Menge C-Lösung bei dem hohen Gehalt der Fleischbrühe an organischen Stoffen sofort unwirksam werden würde, und dementsprechend ergab sich auch bei mit 1 ccm = etwa 200 Millionen Keimen einer filtrierten Kultur versetztem Wasser unter Anwendung von 2 Tropfen Chlorkalklösung beidemal übereinstimmend nach 45 Minuten kein Wachstum von Kolonbakterien mehr. Nach Zusatz von 4 Tropfen Chlorkalk zu einem ebenso inficierten Wasser konnte allerdings ein kleiner Unterschied in den erhobenen Befunden festgestellt werden: die Aussaat in 10 ccm Bouillon ergab nach 10 Minuten, die in 50 ccm erst nach 20 Minuten Einwirkungszeit des Chlorkalks Freisein der Kulturen von *Bacterium coli*. Immerhin glaube ich, nach diesem Kontrollversuch berechtigt zu sein, anzunehmen, dass bei dem von mir angewandten Verfahren gröbere Versuchsfehler in dem oben angedeuteten Sinne als ausgeschlossen betrachtet werden können.

Von einer Zählung der im Wasser überlebenden Kolonbakterien nach der Einwirkung des Chlorkalks in den verschiedenen Mengen und nach den verschiedenen Zeitabständen habe ich absehen zu sollen geglaubt, da man von einer chemischen Wasserentkeimungsmethode, besonders einer solchen für kleine Wassermengen, doch wohl unumgänglich die völlige Vernichtung der etwa im Wasser befindlichen Angehörigen der Ruhr-, Typhus-, Coli-Gruppe sowie der Choleravibrionen fordern muss, deren im allgemeinen widerstandsfähigsten Vertreter, das *Bacterium coli*, ich als Maassstab meiner Prüfungen über die Wirkung der C-Lösung verwendet habe.

Der Dräger-Aqua-Apparat dürfte wohl nur dann zu der in seinem Rahmen liegenden Wasserentkeimung empfohlen werden können, wenn er in Zeiten bzw. Mengen, die von den in der Gebrauchsanweisung genannten nicht zu sehr abweichen, ein stark mit Kolonbakterien versetztes Wasser tatsächlich von diesen befreien und nicht nur, wie Bruns (19) und Thiem (5) es für genügend halten, eine starke Keimverminderung darin erzielen kann. Für die Geniessbarmachung grösserer, an sich reiner, nur zufällig inficierter Wassermengen (Wasserleitungen, Brunnen usw.) mögen Chlorkalkmengen genügen, die

zunächst nur eine starke Keimverminderung bewirken; für ein Verfahren aber, das die Entkeimung ganz kleiner Mengen von Wasser, das ausserdem oft schmutziges Oberflächenwasser sein dürfte, zum Ziel hat, muss man auf einer völligen Abtötung nicht Sporen bildender Darmbakterien bestehen. Steril im wahren Sinne des Wortes wurden in meinen Versuchen die Wasserproben natürlich nur verhältnismässig selten gefunden; widerstandsfähige Wasserkeime und besonders die oft in ihm zu findenden Sporenbildner blieben auch nach langdauernder Chlorkalkeinwirkung am Leben.

Im Folgenden gebe ich aus meinen Versuchen diejenigen Versuchsergebnisse wieder, die ein ziemlich klares Bild über die Leistungsfähigkeit des Dräger-Aqua-Apparates geben. Es sei bemerkt, dass ich mich niemals auf den Ausfall eines Versuchs verlassen habe; die mitgeteilten Ergebnisse sind durch eine Reihe gleicher oder ganz ähnlicher Versuche kontrolliert.

Es ergab sich, dass sowohl eine mit 10 wie auch mit nur 1 ccm einer unfiltrierten Aufschwemmung von *Bact. coli* versetzte Leitungswassermenge von 2 Litern durch Zusatz von 1 und 2 Tropfen der vorschriftsmässig bereiteten 1 bis 5 Tage alten C-Lösung nicht in 24 Stunden von den eingesäten Darmbakterien befreit werden konnte. Vier Tropfen einer 5 Tage alten C-Lösung bewirkten Abtötung von 1 ccm Bakterienaufschwemmung noch nicht nach einer Stunde. Nach der Vorschrift soll 1 Tropfen und eine Einwirkungszeit von 10 Minuten zum Entkeimen genügen.

Ich fand weiter, dass von einer 37 Tage alten C-Lösung noch nicht einmal 5 und 8 Tropfen in zwei Stunden eine Abtötung der in 2 Liter Leitungswasser befindlichen 10 ccm unfiltrierter Kolonbakterienaufschwemmung mit Sicherheit bewirkten. Zwar war das Alter der C-Lösung bei dem bezüglichen Versuch bedeutend höher als das in der Gebrauchsanweisung für zulässig erklärte (3 Wochen); doch geht aus den später mitgeteilten Versuchen hervor, dass die in der oben angegebenen Weise von uns aufbewahrte Lösung ihre ursprüngliche Wirkungskraft weit über die in der Vorschrift angegebene Zeit bewahrt, ein Umstand, der die Verwertung auch dieses Versuchs zu dem unten folgenden Schlusse wohl gestattet.

Ganz anders wurden die Ergebnisse, wenn die Bakterienaufschwemmungen filtriert, also gröbere Zusammenballungen und Klümpchen aus ihnen entfernt wurden. Bei dieser Versuchsanordnung unter sonst ziemlich gleichen Bedingungen wurden 200 Millionen Kolonbakterien in 2 Liter Leitungswasser durch 2 Tropfen 9 bzw. 16 Tage alter C-Lösung schon in 45 und durch 4 Tropfen spätestens in 20 Minuten mit Sicherheit abgetötet. Bei der Verwendung von 5 Tropfen einer 26 bzw. 34 Tage alten C-Lösung erfolgte sichere Abtötung der gleichen Bakterienmenge ebenfalls spätestens in 20, beim Gebrauch von 8 Tropfen sogar in weniger als 5 Minuten.

Schlussfolgerung: 1. Die C-Lösung tötet auch in stärkerer Konzentration in sonst reinem Wasser Bakterienklümpchen nicht mit Sicherheit in für die Zwecke des Dräger-Aqua-Apparates genügend kurzer Zeit ab. Wasser, in dem sich Kotklümpchen befinden, die Krankheitskeime enthalten, dürfte also auch bei Verwendung von C-Lösungsmengen, die weit über die in der

Vorschrift des Apparates angegebenen hinausgehen, nicht mit Sicherheit „entkeimt“ werden können. Enthält das von Krankheitskeimen zu befreiende Wasser, was allerdings besonders auch bei sonst ziemlich rein aussehendem Oberflächenwasser nie mit Bestimmtheit gesagt werden kann, keine an Kotklümpchen haftenden Krankheitserreger, so gelingt seine Genießbarmachung durch verhältnismässig kleine Mengen von C-Lösung in verhältnismässig kurzer Zeit. Menge jedoch und Zeit sind weit höher zu bemessen, als in der Vorschrift des Taschenapparates angegeben ist. 2—3 Tropfen C-Lösung müssen zur sicheren Wirkung etwa 1 Stunde, 4—5 Tropfen $\frac{1}{2}$ Stunde lang einwirken.

2. Die vorschriftsmässig bereitete C-Lösung ist bei nicht zu warmer und bei dunkler Aufbewahrung in gut verschlossener Tropfflasche länger als 3 Wochen haltbar; sie zeigt noch nach 34 Tagen eine gegenüber der Anfangsleistung nicht sichtbar verminderte Wirkungskraft. Deutlich sieht man die Berechtigung dieses Schlusses aus nachstehender Zusammenstellung aus meinen Versuchstabellen. Es liegen mir 3 Versuchsreihen (V, VIII, IX), die nur in Hinsicht der Frische der C-Lösung sich in ihren Versuchsbedingungen unterscheiden, vor. Es handelt sich um Versuche mit Leitungswasser, das mit 1 ccm filtrierter Aufschwemmung versetzt wurde.

Alter der C-Lösung	Tropfenzahl	Steril nach
11 Tage	5	60 Minuten
26 „	5	20 „
34 „	5	5 „
11—26—34 „	8	5 „

Die Tabelle zeigt bei Anwendung von 8 Tropfen eine gleichbleibende Wirkung, bei 5 Tropfen sogar eine mit dem Alter der Lösung sich steigernde.

Die günstigsten Ergebnisse konnte ich bei der Chlorkalkbehandlung von Regenwasser gewinnen, das mit filtrierter Kolonbakterienaufschwemmung versetzt wurde. Von der 4 Tagen alten C-Lösung töteten schon 2 Tropfen 1 ccm Bakterienaufschwemmung, die in 2 Liter Regenwasser enthalten war, in 10 Minuten sicher ab. Bemerkenswert erscheint, dass mit 4 und 8 Tropfen keine besseren Ergebnisse erzielt wurden. Das verwendete Regenwasser war verhältnismässig rein; sein KMnO_4 -Verbrauch betrug allerdings 44,4 mg/l, seine Härte 4,5 D. Gr., die entsprechenden Zahlen des zu meinen Versuchen gebrauchten Leitungswassers waren 18,0 bzw. durchschnittlich 13,0. Wenn also, was feststehen dürfte, der höhere Gehalt des zu entkeimenden Wassers an organischer Substanz die Wirkung der C-Lösung auch ungünstig beeinflusst, so scheint dieser Schaden durch geringere Härte des Wassers doch wieder mehr als ausgeglichen werden zu können. Diese Beobachtung legt die Schlussfolgerung nahe, dass wenigstens im weichen Wasser neben der O-Wirkung des Chlorkalks auch die Cl-Wirkung eine beachtenswerte Rolle bei der Vernichtung von Mikroorganismen spielt. Im übrigen muss betont werden, dass mein Versuchsregenwasser frei von gröberen Verschmutzungen und ziemlich klar und durchsichtig war.

Für weiches, nicht verschmutztes Wasser dürften also 2 Tropfen der Dräger-Aqua-C-Lösung bei 10–15 Minuten langer Einwirkungszeit zur Genießbarmachung genügen:

Stark verschmutztes Wasser dagegen (mit einem KMnO_4 -Verbrauch von 151,3 mg/l), das ausserdem ziemlich trübe und undurchsichtig war, konnte mit 10 Tropfen C-Lösung, die nach der Vorschrift des Dräger-Aqua-Apparates die höchste zur sicheren Entkeimung eines Wassers nötige Menge vorstellen, innerhalb 24 Stunden nicht von den eingesäten Kolonbakterien (1 ccm filtrierter Abschwemmung auf 2 Liter Wasser) befreit werden. Auch eine Filtration durch gewöhnliche Filter dürfte an diesem Misserfolg nicht viel ändern. Für die Genießbarmachung eines Schmutzwassers kommt als zuverlässiges Verfahren für den Fall dringenden Bedürfnisses wohl nur das sorgfältige Abkochen in Betracht.

Ueber die Einwirkung der Temperatur des Wassers, bei der die Abtötung der Kolonbakterien vorgenommen wurde, nach meinen Versuchen einen offensichtlichen Schluss zu ziehen, ist mit voller Sicherheit nicht möglich. Die Versuchsanordnungen vollzogen sich bei einer Temperatur des Wassers, deren niedrigster Stand bei Beginn 9° , am Ende, also nach 24 Stunden 15° , deren höchster 14° bzw. 22° betrug. Parallelversuche mit wesentlichem Unterschied in der Anfangstemperatur (mehr wie 3 Grade) liegen nicht vor; bis zu 3 Graden zeigt sich ein regelloses Verhalten. Für die Bewertung des Temperaturunterschiedes am Ende der Versuche, also nach 24 Stunden, liegen zwar zwei Versuchsreihen vor mit einem Unterschied von 5 Graden, doch ist hier keine Verschiedenheit in der Wirkungskraft am Ende des Versuchs vorhanden, so dass ein Einfluss der Temperatur, über die ja auch die Fabrik keinerlei Angaben macht, bei nicht gerade extremen Temperaturgraden als unwahrscheinlich anzusehen ist.

Um die nötige Einwirkungszeit der C-Lösung bei allen Wässern „bedeutend abzukürzen“, soll nach der oben angegebenen Gebrauchsanweisung $\frac{1}{4}$ Minute nach Zugabe der C-Lösung 1 ccm Pharmakopoe-Salzsäure zu 2 Litern hinzugesetzt werden. Ich habe nur zwei Versuchsreihen mit chemisch reiner Salzsäure allein ausgeführt. Es wurden zwei Liter Leitungswasser (13,0 Härte-Grade) mit einer ganzen, nicht filtrierten Aufschwemmung von Kolonbakterien versetzt und hierzu a) 8 Tropfen, b) 16 Tropfen, c) 1 ccm und d) 2 ccm HCl gegeben. In allen Versuchen gelang es noch nach 24 stündiger Einwirkung Kolonbakterien nachzuweisen. Weitere Versuche auch in Verbindung mit C-Lösung sollen von anderer Seite demnächst ausgeführt werden.

Nachdem der Wirkungsgrad der C-Lösung in Hinsicht ihrer Abtötungskraft besprochen ist, muss auf die Möglichkeit eingegangen werden, eine eventl. entstandene unangenehme Geschmacks- und Geruchsänderung des Wassers nach Zugabe der C-Lösung, die das Wasser zum Genuss unbrauchbar machen würde, durch Zusatz von N-Pulver (Geschmackskorrigens = Natriumthiosulfat) zu beseitigen. War doch der schlechte Geschmack des Wassers nach Behandlung mit Chlorkalk, wie bereits in der Einleitung dargelegt, immer der Hemmschuh zur allgemeinen Benutzung des Mittels. Die folgende

Tabelle zeigt die Wirkung verschiedener Mengen von C-Lösung und N-Pulver auf Geschmack und Geruch von 2 Liter Leitungswasser:

C-Lösungs- Menge in Tropfen- zahl	Geschmack	Geruch	N-Pulver Menge	Geschmack	Geruch
1	unverändert	—	—	—	—
2	"	—	—	—	—
3	abgestanden	—	—	—	—
4	nach Chlor	Chlor	2 Löffel voll	gut	—
6	" "	"	3 " "	"	—
8	" "	"	4 " "	etwas abgestanden	—
10	" "	"	5 " "	" "	—

Die geschmackverbessernde Wirkung des N-Pulvers ist also selbst bei Zugabe von 10 Tropfen C-Lösung, der nach der Vorschrift grössten nötigen Menge, noch so intensiv, dass der widerliche Geschmack der letzteren nicht zur Geltung kommt. Ob nun durch Zugabe der beiden Lösungen die Vermehrung der mineralischen Bestandteile (nach der Gebrauchsanweisung 1 bis 2%) das Wasser zum längeren Gebrauch vielleicht doch nachteilig beeinflusst, ist natürlich von vornherein nicht mit völliger Sicherheit in Abrede zu stellen; immerhin kann mit grösster Wahrscheinlichkeit eine eingehendere Schädigung selbst bei fortgesetztem Genusse eines nach Vorschrift behandelten Wassers verneint werden.

Zusammenfassung.

1. Für die Abtötung von pathogenen und nicht pathogenen Darmbakterien, die in grösseren Klümpchen zusammengeballt sind oder an Kotklümpchen haften, dürften auch grössere Mengen von C-Lösung ohne und mit gleichzeitiger Verwendung von Salzsäure selbst in sonst ganz klarem Wasser ungeeignet sein. Eine grössere Anzahl von Versuchen zeigte, dass es nicht gelang, in 2 Liter Leitungswasser befindliche nicht sehr grosse Mengen von *Bacterium coli commune* (200 bzw. 2000 Millionen Keime = 1 bzw. 10 ccm Aufschwemmung), die einfach ohne nachfolgende Filtration von einer 18 bis 24 Stunden alten Agarkultur abgeschwemmt wurden, trotz Zusatz von 10 Tropfen C-Lösung, der nach Vorschrift höchsten notwendigen Menge, mit Sicherheit innerhalb von 2 Stunden zu vernichten.

2. Günstigere Ergebnisse erzielt man bei Leitungswasser, das nicht zu grösseren Klümpchen geballte oder an festen Bestandteilen haftende Darmbakterien enthält. Wurden nämlich die Kulturabschwemmungen von *Bacterium coli* zwecks Entfernung von Bakterienklümpchen durch eine doppelte Lage steriles Filtrierpapier filtriert, so gelang Abtötung der im übrigen in etwa gleicher Menge in 2 Liter Wasser enthaltenen Kolonbakterien mit Sicherheit durch Zusatz von 2 Tropfen C-Lösung in 45, durch Zusatz von 4 Tropfen in 20 und durch Zusatz von 8 Tropfen in 5 Minuten.

3. Bei nicht grob verunreinigtem Regenwasser sind die Abtötungszeiten vielleicht noch etwas niedriger, da es hier nämlich gelang, unter sonst gleichen Bedingungen mit 2 Tropfen C-Lösung schon in 10—15 Minuten gleiche Mengen filtrierter Abschwemmungen zu vernichten.

4. Stark verschmutztes Wasser mit einem Kaliumpermanganat-Verbrauch von 151,3 mg/l konnte selbst nach Zusatz von 10 Tropfen C-Lösung, der nach Vorschrift höchsten erforderlichen Menge, in 24 Stunden nicht von den filtrierten eingesäten Keimen befreit werden.

Zum Schlusse gestatte ich mir, Herrn Prof. Dr. Bitter für die gütige Ueberlassung der Arbeit, für die Unterstützung und die zahlreichen Anregungen während der Untersuchungen sowie für die freundliche Durchsicht ergebensten Dank auszusprechen.

Literatur.

- 1) Flügge, Grundriss der Hygiene. 1915.
- 2) Kitasato, Zeitschr. f. Hyg. 3. S. 404.
- 3) Boer, Zeitschr. f. Hyg. 9. S. 479.
- 4) Bitter L., Münchener med. Wochenschr. 1915. S. 813.
- 5) Thiem, Keimfreies Wasser fürs Heer. G. Thieme, Leipzig.
- 6) Imhoff und Saville, Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 1910.
- 7) Traube, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1894. Bd. 15. S. 149.
- 8) Karlinski, Bericht über die 66. Versammlung der Naturforscher und Aerzte. Wiener klin. Wochenschr. 1894. S. 915.
- 9) Kartschmer, s. No. 8.
- 10) Kaufmann, zitiert nach Bassenge.
- 11) Lode, Arch. f. Hyg. 1895. Bd. 24. S. 336.
- 12) Bassenge, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. 1895. No. 20. S. 227.
- 13) Hünermann und Deiter, Deutsche med. Wochenschr. 1901. No. 24.
- 14) Schüder, Zeitschr. f. Hyg. Bd. 39. S. 379.
- 15) Rabs, Hyg. Rundschau. 1901.
- 16) Engels, Zentralbl. f. Bakt. Orig. Bd. 32 (1902). S. 995.
- 17) Schwarz und Nachtigall, Gesundheitsing. 1912. No. 13.
- 18) Grimm, Mitteilungen aus der Kgl. Versuchs- u. Prüfungsanstalt f. Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung. 1912.
- 19) Bruns, Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 1912. No. 27.
- 20) Antonowsky, Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh. Bd. 72.
- 21) Langer, Ein neues Verfahren der Chlorkalksterilisation kleiner Trinkwassermengen. Deutsche med. Wochenschr. 1913. No. 38.

Lebenslauf.

Ich, Willy Bender, bin am 28. Januar 1891 geboren zu Tost in Schlesien als Sohn des Justizrats, Rechtsanwalts und Notars Karl Bender und seiner Frau Laura geb. Spitzer. In Bernstadt in Schlesien besuchte ich die dortige Vorbereitungsschule bis Tertia, darauf in Breslau das Johannesgymnasium, wo ich Michaelis 1910 die Reifeprüfung bestand. Dann studierte ich in München (3 Semester), in Breslau (2), bestand hier Februar 1913 die ärztliche Vorprüfung mit der Zensur „sehr gut“, genügte darauf meiner Dienstpflicht mit der Waffe ein halbes Jahr beim I. Seebataillon in Kiel, studierte dann in Berlin (1) und Breslau (1). Am 2. Mobilmachungstage trat ich als Marine-Unterarzt ein und hatte während des Krieges folgende Kommandos: Syphilis- und Hautabteilung des Fest.-Laz. Kiel-Wik und Deckoffizierschule 3 Monate, auf S. M. S. „Nymphe“ als Hilfsarzt 10 Monate, einige Wochen bei der I. Werft-Division (Taucherschule), 2 Monate auf der chirurgisch-orthopädischen, 10 Monate auf der inneren Abteilung des Fest.-Laz. Bellevue in Kiel. Während des Kommandos am Lazarett Bellevue liess ich mich im April 1916 an der Universität Kiel immatrikulieren und hatte Gelegenheit, im Sommer 1916 das 9. Semester zu studieren. Im Anfang November 1916 wurde ich zwecks Beendigung der Studien und Ablegung der ärztlichen Prüfung zur Verfügung des Stationsarztes der Marinestation der Ostsee gestellt. Im Februar/März 1917 bestand ich die ärztliche Prüfung in Kiel mit der Zensur „sehr gut“ und erhielt unter Anrechnung des Kriegsdienstes auf das praktische Jahr die Approbation als Arzt.

