

**Zeitschrift:** Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène  
**Herausgeber:** Bundesamt für Gesundheit  
**Band:** 20 (1929)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Das Katadynverfahren zur Wasser-Sterilisierung  
**Autor:** Schweizer, Ch. / Werder, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-983876>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 08.02.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Das Katadynverfahren zur Wasser-Sterilisierung.

Von Dr. C. H. SCHWEIZER.

(Aus dem Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes,  
Vorstand: Dr. J. Werder.)

Im Jahre 1893 hat von Nägeli<sup>1)</sup> folgende *Giftwirkungen von Silber- und Quecksilbersalzen* an Algen unterschieden:

- A. Chemische Wirkung mit mittleren und stark konzentrierten Lösungen («gewöhnliches Absterben»):
- a) der ganze Inhalt mit dem Plasmaschlauch zieht sich von der Membran zurück;
  - b) die Bänder, ohne ihre gegenseitige Anordnung zu verlassen, ändern Farbe und Gestalt;
  - c) die Zellflüssigkeit trübt sich körnig;
  - d) der ursprünglich zentrale Kern rückt an die Wandung;
  - e) die Zelle verliert ihren Turgor.

- B. «Oligodynamische Wirkung» mit sehr stark verdünnten Lösungen («ungewöhnliches Absterben»):

Die Chlorophyllbänder lösen sich von dem Plasmaschlauch, der vorerst noch in seiner ursprünglichen, wandständigen Lage verbleibt, los, verkürzen sich und ballen sich zusammen, wobei die Zelle ihren Turgor vorerst noch beibehält.

Bei weiterer Verdünnung traten die Erscheinungen des «ungewöhnlichen Absterbens» immer deutlicher hervor. Ganz unerwartet machte aber von Nägeli die Beobachtung, dass die Wirkung des Giftes bei fortschreitender Verdünnung selbst bis zum Verschwinden desselben ungeschwächt blieb. In der quadrillionenfachen Verdünnung von salpetersaurem Silberoxyd (1 AgNO<sub>3</sub>, 1 NH<sub>3</sub> und 3,6 K<sub>2</sub>O) starben die Algen oft schon in 3—4 Minuten; mit dieser Verdünnung schien allerdings die Grenze der Wirksamkeit erreicht zu sein. Mit Sublimat konnte dagegen auch bei septimillionenfacher Verdünnung keine Grenze der Wirksamkeit erreicht werden.

Auch die *Metalle* selber können eine Giftwirkung haben. Da dieselben aber schwerlöslich bis unlöslich sind, kann in diesem Falle höchstens oligodynamische Wirkung in Betracht kommen. Von Nägeli hat denn auch an Algen eine solche Wirkung bei Quecksilber, Kupfer, Silber, Zink, Zinn, Blei und Eisen feststellen können. Reines Gold (aus Goldchlorid hergestellt) und Platin (mit Salzsäure gereinigte Drähte), welche als unlöslich gelten, waren dagegen indifferent. Bei Bakterien

<sup>1)</sup> Neue Denkschriften Schweiz. Naturf. Ges.: Ueber oligodynamische Erscheinungen, 33, 7 (1893).

konnte allerdings später Bail<sup>2)</sup> keine Wirkung von Blei und Eisen feststellen, während er als aktivstes Metall das Arsen bezeichnete. In absteigender Reihenfolge reihten sich dann Quecksilber, Kupfer und Silber an. Nach eigenen Versuchen<sup>3)</sup> war umgekehrt bei Hefen die Wirkung des Kupfers weniger ausgeprägt als diejenige des Silbers. Bei der Milchsäuerung konnte Fouassier<sup>3a)</sup> wiederum nur eine Verzögerung mit Kupfer, nicht aber mit Silber, Zink, Zinn, Blei, Nickel und Aluminium beobachten. Mit Eisen trat sogar eine kleine Beschleunigung auf. Mit *B. coli*, *B. brassicae*, *Sarcina agilis*, *B. gossypii* (sporenbildend) und *Penicillium glaucum* stellten Tammann und Rienäcker<sup>4)</sup> fest, dass Hg, Cu (ausgenommen auf *B. coli*), Ni, Co und Sb am stärksten giftig wirken. Eine mittelstarke Wirkung hatten Zn und Cd, während Silber nur einen geringen Einfluss auf die geprüften Mikroorganismen hatte. Nicht oder nur ganz schwach wirkten Al, Co, Mn, Fe, Bi, Au und Pt. Diese Verfasser sind der Ansicht, dass man die Empfindlichkeit von Bakterien und Algen gegenüber gelösten Metallen sehr überschätzt hat. Allerdings kann die Empfindlichkeit ein und desselben Bakterienstammes zu verschiedenen Zeiten sehr veränderlich sein, woraus sich vielleicht die angeführten Widersprüche erklären lassen. Auf jeden Fall ist Krause<sup>5)</sup> in Uebereinstimmung mit unseren Befunden an Hefen zu dem Schlusse gekommen, dass sich Silber auch am besten eignet zum Abtöten der im Wasser vorkommenden pathogenen Keime.

Was nun die *Natur der oligodynamischen Wirkung* anbetrifft, so hat Saxl<sup>6)</sup> vermutet, dass sie auf einer physikalischen Energie beruhe, die von der Oberfläche des Metalls ausgehe und auch auf Distanz wirke. Ueber die Natur dieser auch auf andere Körper übertragbaren Energie sprach er sich aber nicht aus.

Nun hat ja bereits von Nägeli (l. c.) darauf aufmerksam gemacht, dass in Wasser, das etwas Sauerstoff und Kohlensäure enthält, Kupfer sich z. B. als Kupferhydroxyd  $\text{Cu(OH)}_2$  lösen könne, welche Substanz wohl stets noch mit Kohlensäure verbunden sei. In gleicher Weise würde die Lösung der übrigen Metalle stattfinden. Diese Vermutung wurde von Schlossberger<sup>7)</sup> bestätigt. Pfeiffer und Kadletz<sup>8)</sup> konnten denn auch zeigen, dass kein Unterschied zwischen der Wirkung stark verdünnter Kupfersulfatlösungen und derjenigen von «oligodynamischem» Wasser besteht, was auch Baumgarten und Luger<sup>9)</sup> bestätigten.

<sup>2)</sup> Wien. klin. Wochenschr., **32**, 751 (1919).

<sup>3)</sup> Mittl. Lebensm. Hyg., **10**, 261 (1919).

<sup>3a)</sup> C. R., **176**, 606 (1923).

<sup>4)</sup> Z. anorg. u. allg. Chem., **170**, 288 (1928).

<sup>5)</sup> Neue Wege zur Wassersterilisierung, München, 1928.

<sup>6)</sup> Wien. klin. Wochenschr., **30**, 714 (1917).

<sup>7)</sup> Mediz. Klin., 204 (1918).

<sup>8)</sup> Wien. klin. Wochenschr., **30**, 1221 (1917).

<sup>9)</sup> » » » **30**, 1224 (1917).

Ich<sup>10)</sup> habe auch darauf aufmerksam gemacht, dass beim Auflegen einer Kupfermünze auf eine mit *Sarcina lutea* beimpfte Fleischbrühagarplatte um das Kupferstück ein steriler Hof entsteht, der ganz deutlich grün gefärbt ist, so dass man von vornherein nicht auf die Vermutung kommen kann, dass es sich um eine physikalische Fernwirkung handeln kann. Mit einem von Oxyden und anderen Verunreinigungen vollständig befreiten Kupfer beobachtete ich denn auch an Hefen eine Wirkung, die beinahe gleich Null war. Sodann haben auch Sordelli und Wernicke<sup>11)</sup> gezeigt, dass reines Elektrolytkupfer in Wasserstoffatmosphäre gegenüber Mikroorganismen wirkungslos bleibt, während es bei Anwesenheit von Sauerstoff und Kohlensäure (oder einer anderen Säure) oligodynamisch wird. Später konnten Wernicke, Dortzenbasch und De la Barrera<sup>12)</sup> das gleiche auch für Silber feststellen. Auch beim kolloidalen Silber sollen die Verhältnisse nach Kunz<sup>13)</sup> ähnlich sein.

Bekanntlich bildet sich an der Luft auf metallischem Kupfer sehr schnell eine ganz feine Schicht von Oxyden und auch Karbonaten, welche das darunterliegende Metall gegen weiteren Angriff schützen. Diese Ueberlegung führte mich<sup>14)</sup> dazu, die Oxydationsprodukte des Kupfers auf ihre Wirksamkeit auszuprobieren, wobei ich mit Kuprooxyd  $\text{Cu}_2\text{O}$  eine deutliche Hemmung der Hefegärung erhielt, während Kuprioxyd  $\text{CuO}$  beinahe wirkungslos war. Dies steht allerdings im Widerspruch mit der Beobachtung von Spiro<sup>15)</sup>, dass in der oligodynamisch wirksamen Kupferlösung eine Lösung von Kupriionen vorliege. Später hat dann Doerr<sup>16)</sup> auch eine keimtötende Wirkung beim Silberoxyd  $\text{Ag}_2\text{O}$  mittels Bakterien feststellen können und die Vermutung ausgesprochen, dass das durch Silberkontakt bakterizid gewordene Wasser wohl Silberoxyd als Träger der beobachteten Wirkung enthalte.

Doerr hat nochmals bestätigt, dass Wasser, welches durch längeren Kontakt mit metallischem Silber oligodynamisch geworden ist, alle Eigenschaften der Lösung eines Desinfektionsmittels, also z. B. der Lösungen bekannter Silberverbindungen, zeigt. Es lässt sich vor allem mit destilliertem Wasser verdünnen oder durch partielles Abdestillieren von Wasser konzentrieren, wobei die erzeugten Aenderungen in der Intensität der Bakterizidie der rechnungsmässigen Erwartung entsprechen. Ins Destillat geht der Träger der oligodynamischen Wirkung nicht über; das Kochen vermindert, sofern reduzierende Stoffe ausgeschaltet sind, die bakterizide Wirkung des oligodynamisch gewordenen Wassers nicht.

<sup>10)</sup> Mittl. Lebensm. Hyg., **10**, 261 (1919).

<sup>11)</sup> C. R. Soc. Biol., **35**, 317 (1921).

<sup>12)</sup> C. R. Soc. Biol., **96**, 896 (1926).

<sup>13)</sup> J. Bioch., **1**, 381 (1924).

<sup>14)</sup> Mittl. Lebensm. Hyg., **10**, 261 (1919).

<sup>15)</sup> Zit. nach Doerr, Bioch. Z., **106**, 128 (1920).

<sup>16)</sup> Bioch. Z., **106**, 110 (1920).

Weiter zeigte Doerr<sup>17)</sup>, dass die keimtötende Wirkung metallischen Silbers durch Glühen, mehrmaliges Kochen in destilliertem Wasser oder durch mehrtägiges Einbetten des Silbers in Agargallerte gänzlich aufgehoben werden kann. Glühen verwandelt die an der Oberfläche befindlichen Verbindungen in metallisches, daher unwirksames Silber, was auch mit Silberoxyd der Fall ist. Kochen oder Kontakt mit Wasser lösen diese Verbindungen rasch oder langsam, wodurch die Silberstücke gleichfalls ihre Oligodynamie einbüßen. Das unwirksam gewordene Silber kann wieder wirksam gemacht werden, wenn es mit hochgradig verdünnten Säuren, speziell mit stark dissoziierten Säuren, in Kontakt kommt. Anhaftende Säurespuren können dabei keine Rolle spielen. Die Zone gesteigerten Wachstums, welche auf Kulturplatten den keimfreien Hof umgibt, tritt ebenso bei metallischem Silber wie bei Silberoxyd und Silbernitrat auf. Bekanntlich tritt diese Wachstumsförderung auch bei Kupferverbindungen auf, wie z. B. Porchet<sup>18)</sup> bei Kupfersulfat und ich selber<sup>19)</sup> bei Kuprooxyd feststellen konnten.

Krause<sup>20)</sup> konnte nun die bakterizide Wirkung des Silbers noch dadurch steigern, dass er dieses Metall zur Erhöhung der Oberfläche auf beliebige Träger verblasen hat. Durch diesen gleichsam aufgeblähten Zustand wurde das optimale Verhältnis zwischen Volumen und Oberfläche erreicht. Würde man dieses Verhältnis nach oben hin überschreiten, so würde die Wirkung ebenso abnehmen, als wenn man das Verhältnis unterhalb dieses Optimums lässt. Es entsteht je nach der Leitung des Prozesses und je nach dem Verwendungszweck ein nicht kolloidales Silber von mikrokristalliner bis submikroskopischer Struktur mit vorwiegend lamellarer Schichtung. Für diese oligodynamisch (und auch katalytisch) hochwirksame Zustandform des Silbers schlägt nun Krause den Namen «*Katadyn*» vor. Als Ausgangsmaterial verwendet er Feinsilber, dem in besonderen Fällen Aktivatoren in Form von Metallen, die in der Spannungsreihe unterhalb des Silbers stehen, beigegeben werden. Als solche Aktivatoren kommen beispielsweise Palladium und Gold in Betracht. Die früher vielfach beschriebene, durch Inaktivierung des Metalls bedingte Hemmung der oligodynamischen Wirkung soll durch die hochaktive Zustandsform des Silbers vermieden werden.

Mit der hohen Wirksamkeit des Metalls und dem Fehlen von Erschöpfungserscheinungen scheint also der Weg zu einem praktischen und sicheren Sterilisierungsverfahren gegeben zu sein. Um völlig steriles Wasser zu erhalten, ist es nur noch nötig, dass man das zu behandelnde Wasser entweder:

<sup>17)</sup> Bioch. Z., **107**, 207 (1920).

<sup>18)</sup> Revue scientifique du 18 février 1911.

<sup>19)</sup> Mittl. Lebensm. Hyg., **10**, 261 (1919).

<sup>20)</sup> Neue Wege zur Wassersterilisierung. München, 1928.

1. in Gefäße füllt, deren Wandlungen mit dem geblähten oder verblasenen Silber versehen sind;
2. in Gefäße füllt, in denen sich mit geblähtem Silber präparierte Füllkörper befinden;
3. durch Tropffilter filtriert, die nach dem Katadynverfahren vorbehandelt worden sind.

Unter den zahlreichen *Anwendungsmöglichkeiten* des Verfahrens weist Verfasser neben der Sterilisierung von Trinkwasser namentlich auch auf die Behandlung des Wassers in öffentlichen Schwimmbädern hin. Durch Auskleiden der Bassinwände oder durch kontinuierliches Durchpumpen des Wassers durch einen Katadynsterilisator wird ein keimfreies und auch nur schwer infizierbares Badewasser gewonnen. Ferner kann das Verfahren Verwendung finden in Wäschereien, Fabriken künstlicher Mineralwässer, Kunsteisfabriken, Brauereien, Molkereien und vielen anderen Betrieben, die auf keimfreies Wasser angewiesen sind und mit schwer zu säubernden und leicht zu infizierenden Vorrichtungen arbeiten. Krause spricht sogar von der Möglichkeit, so sterilisiertes Wasser für Waschung und Befeuchtung von Luft zu verwenden, worauf die mit so befeuchteter Luft dauernd in Berührung kommenden Gegenstände mit der Zeit selber bakterizide Eigenschaften erlangen sollen.

Der Hauptvorteil des Verfahrens soll sein, dass die in Lösung gehenden Metallmengen wirtschaftlich belanglos sein sollen. Eine Katadynflasche von ungefähr zwei Liter Inhalt soll mehrere Millionen Liter Wasser mit Sicherheit von pathogenen Keimen frei machen. Mit verschiedenen Methoden wurde ein Gehalt von 15/1000 mg Silber im Liter des behandelten Wassers gefunden. Solche Wässer sollen sich hundertfach verdünnt immer noch als hochwirksam erwiesen haben. Der Silbergehalt dieser so verdünnten Wässer betrug dann nur noch etwa 0,000,000,15 g pro Liter. In Grossanlagen sollen übrigens diese geringen Silbermengen wieder zurückgewonnen werden können, wodurch die Kosten noch weiter verringert würden.

Als weitere Vorzüge des Verfahrens führt Krause folgende an:

1. Nichtbeeinflussbarkeit der bakteriziden Wirkung durch Lösungsbestandteile des Wassers;
2. dass das Verfahren bei einmal in Gang gebrachter Apparatur keinerlei Wartung mehr bedarf;
3. Unabhängigkeit von der Temperatur;
4. Ueber- und Unterdosierung von Silber unmöglich;
5. dass das Wasser nicht verschlechtert werden kann (wie beispielsweise eine überdosierte Anwendung von Chlor);
6. dass das Silber nur die niedrige Zelle schädigen soll (scheint durch jahrelange klinische und Tierversuche geprüft worden zu sein);

7. dass nachträglich in das Wasser gelangende Keime auch noch abgetötet werden.

Bei der Nachprüfung des Verfahrens darf aber nicht übersehen werden, dass die oligodynamische Wirkung durch eine gewisse *Spezifität* ausgezeichnet ist. Bail<sup>21)</sup> hatte die Regel aufgestellt, dass die grampositiven Bakterien gegenüber oligodynamischen Lösungen empfindlicher seien als gramnegative. Er hat aber selbst Ausnahmen beobachtet. Auch bei den Versuchen von Bechhold<sup>22)</sup> traf diese Regel nicht zu, da er feststellen konnte, dass in beimpften Petrischalen ganz reine Silberstückchen auf *Pyocyaneus* überhaupt nicht wirkten, während die Breite der keimfreien Zone bei *B. coli* 0,9, bei Staphylokokken 4 und bei Typhusbazillen 4,26 mm betrug. Doerr<sup>23)</sup> nimmt bereits als bekannt an, dass sich die oligodynamischen Effekte bestimmter Metalle, vor allem des Silbers und Kupfers, gegenüber pathogenen Mikroorganismen weit stärker geltend machen als gegenüber apathogenen Keimen. Es besteht nun aber nicht etwa eine allgemeine Gesetzmässigkeit in dem Sinne, dass pathogene Spezies empfindlich, apathogene resistent sind. Allerdings werden auch die gramnegativen Krankheitserreger, die beim Wasser namentlich in Betracht kommen (Typhus, Paratyphus, Koli etc.), durch Katadynwirkung zerstört. Unter den typischen Wasser- und Luftbakterien scheinen aber sowohl refraktäre als auch sehr empfindliche Stämme zu existieren. Degkwitz<sup>24)</sup>, der mit dünnen Schichten von katadynhaltigem Sand arbeitete, konnte bestätigen, dass selbst bei schnellem Durchlaufen von keimhaltigem Wasser die Koli-keime in dem filtrierten Wasser nach 15—20 Minuten abgetötet worden waren. Auch die in dem Filter zurückgehaltenen Bakterien wurden in der gleichen Zeit vernichtet. Ferner kamen pathogene Keime zur Untersuchung, welche unter sich meistens eine ungefähr gleiche Empfindlichkeit gegenüber dem Katadynsilber besaßen.

In Uebereinstimmung mit den soeben erwähnten Beobachtungen konnten wir mit den uns vom Süddeutschen Serum-Institut in München in freundlichster Weise überlassenen Katadynflaschen denn auch nicht in allen Fällen ein Verschwinden der gesamten Bakterienflora feststellen. Bei einer der Flaschen beobachteten wir sogar mit (wahrscheinlich gechlortem) Berner Leitungswasser folgende Gesamtkeimzahlen pro cm<sup>3</sup>:

1. Vor der Behandlung	7
2. Nach 2-stündigem Verweilen in der Katadynflasche	1000
3. Nach 48-stündigem Verweilen in der Katadynflasche	753

<sup>21)</sup> Wien. klin. Wochenschr., **32**, 751 (1919).

<sup>22)</sup> Zit. nach Doerr, Bioch. Z., **106**, 111 (1920).

<sup>23)</sup> Bioch. Z., **106**, 110 (1920).

<sup>24)</sup> Klin. Wochenschr., **1**, 342 (1929).

Zur Bestimmung der Keimzahl haben wir 1 cm<sup>3</sup> des Wassers mittels einer sterilen Pipette tropfenweise auf einer Nährgelatineschicht verteilt, die den im Durchmesser 7—8 cm messenden Boden eines sterilen Erlenmeyerkolbens bedeckt, welcher mit einem Wattepropfen verschlossen ist. Die Ablesung der Keimzahl erfolgte nach einer Bebrütung von 48 Stunden bei 20—22°.

Dieser Katadynapparat wurde nun mehrmals mit Leitungswasser ausgespült und zuletzt wieder mit solchem während 2 Stunden stehen gelassen. 1 cm<sup>3</sup> enthielt jetzt folgende Gesamtzahl von Keimen:

1. Vor der Behandlung	0
2. Nach 2-stündigem Verweilen in der Katadynflasche durch Ausgiessen in sterilem Kölbchen aufgefangen	420
3. Nach 2-stündigem Verweilen in der Katadynflasche mit steriler Pipette direkt aus dem Katadynapparat entnommen	644

Die direkt aus dem Innern der Katadynflasche entnommene Probe zeigt also, dass die Keime nicht etwa aus dem nicht mit silberhaltigem Material gefüllten Hals herrühren, wie wir zuerst vermutet hatten.

Wenn wir nun aber die so mit einer harmlosen Infektion behaftete Flasche mit einer Koliaufschlemmung beschickten, so konnten wir dennoch das Verschwinden dieser letzteren Keimart feststellen. Wir hatten zu diesem Zweck auf Endo-Nährboden aus menschlichem Kot frische Kolibakterien von den anderen Darmbewohnern isoliert und mit dem so erhaltenen Koligemisch eine Kultur auf Schrägagar angelegt. Diese Kultur wurde dann in wenig Wasser aufgeschlemmt und mit dieser Aufschlemmung 6 Liter Berner Leitungswasser geimpft. Die Kolizahl wurde wieder mit der vorstehend beschriebenen Auftropfmethode bestimmt und betrug bei dem so beimpften Wasser über 1000 pro cm<sup>3</sup>. Nach 2-stündigem Verweilen im Katadyn-Sterilisator wurde das Wasser durch Ausgiessen in einem sterilen Kölbchen aufgefangen, nachdem man den ersten Teil in den Ablauf hatte fließen lassen, um den Flaschenhals zu reinigen. Mit dem aufgefangenen Wasser wurden wieder Auftropfkulturen auf Endoagar gemacht. Gleichzeitig prüfte ich auch noch zwei weitere Katadynsterilisatoren (Nr. 2 und 3). Nach zweistündiger Katadynbehandlung wurden folgende Kolizahlen pro cm<sup>3</sup> festgestellt:

Nr. 1	2
Nr. 2	6
Nr. 3	0

Kolibakterien werden also in den Katadyn-Sterilisatoren abgetötet. Die wenigen noch übrigbleibenden Keime stammten wahrscheinlich vom Rand der Katadynflaschen. Mit einer sterilen Pipette aus dem Innern der Sterilisatoren entnommene Wasserproben enthielten\* denn auch in einem cm<sup>3</sup> keine Koli-keime mehr.

Nach Krause<sup>25)</sup> sollen in diesen Apparaten überhaupt sämtliche in Betracht kommende pathogenen Keime des Wassers (Typhus, Paratyphus, Koli, Proteus, Ruhr) gleichmässig abgetötet werden. Selbst die infolge ihres hohen Wachsgehaltes äusserst widerstandsfähigen Tuberkelstäbchen scheinen vernichtet zu werden. 21 Millionen Keime im  $\text{cm}^3$  wurden nach 48 Stunden abgetötet. Beträgt die Infektion aber nur 1 Million Keime im  $\text{cm}^3$ , so soll die Sterilisierung bereits in wenigen Stunden erfolgen. Bakterienaufschlemmungen von einigen Hunderttausenden seien sogar in weniger als Stundenfrist abtötbar. Gegenüber den bisherigen Befunden an metallischem Silber scheint auch eine ganz bedeutende Steigerung der bakteriziden Wirkung des behandelten Wassers erreicht worden zu sein; diese Steigerung bezieht sich sowohl auf den Zeit- als auch auf den Mengenfaktor.

Nachdem wir also Abtötung der Koli-Keime festgestellt hatten, prüften wir nach einiger Zeit den Inhalt der Apparate, ob er überhaupt keimfrei geworden sei. Auftropfkulturen ergaben uns jetzt folgende Gesamtkeimzahlen pro  $\text{cm}^3$ :

Nr. 1	0	Nr. 2	2	Nr. 3	8
-------	---	-------	---	-------	---

Der Apparat Nr. 1, in welchem wir früher sogar eine Keimanreicherung festgestellt hatten, war also seither keimfrei geworden. Dagegen waren die beiden neueren Apparate noch nicht keimfrei. Nun wurden die Sterilisatoren auch noch mit Flusswasser gefüllt, das eine Gesamtkeimzahl von 480 im  $\text{cm}^3$  aufwies. Nach zweistündiger Behandlung waren nur noch folgende Keimmengen im  $\text{cm}^3$  vorhanden:

Nr. 1	12	Nr. 2	4	Nr. 3	6
-------	----	-------	---	-------	---

Es konnte also auch eine ganz bedeutende Verringerung der Gesamtkeimzahl erzielt werden.

Nun muss aber noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass in diesen Apparaten nicht jede beliebige Flüssigkeit sterilisiert werden kann. Die Katadynflasche ist ein Wassersterilisator. Man soll nicht den Versuch machen, denselben mit Milch, Fruchtsäften und dergleichen zu füllen, da der Sterilisator dadurch geschädigt würde. Schon von Nägeli<sup>26)</sup> hatte gezeigt, dass die von Gefässen angenommene oligodynamische Wirkung vermindert oder aufgehoben werden kann durch:

1. Ausspülen mit unwirksamem Wasser, mit welchem man die Gefässe mehrere Male füllt und stehen lässt, wodurch die oligodynamische Wirkung allerdings nur sehr langsam abnimmt.

2. Auskochen mit einer grossen Menge von unwirksamem Wasser, wodurch die Gefässe ihre Wirksamkeit schneller verlieren.

<sup>25)</sup> Neue Wege zur Wassersterilisierung. München, 1928.

<sup>26)</sup> Neue Denkschriften Schweiz. Naturf. Ges.: Ueber oligodynamische Erscheinungen, 33 (1893).

3. Waschen mit verdünnter Salz- oder Salpetersäure, wodurch der nämliche Erfolg in noch kürzerer Zeit erreicht wird.

4. Absorbierende Substanzen, wie polymere Gluzide (nicht aber die denselben chemisch verwandten molekularen Zucker), Eiweiss, Kohlenstoff, Schwefel, sowie die von von Nägeli als Testorganismen verwendeten Algenzellen selbst und auch durch Glas. Diese *Antagonisten* spielen aber auch in Gegenwart des oligodynamisch wirksamen Metalles eine Rolle. So konnte ich<sup>27)</sup> beobachten, dass die in einem Kupfergefäss auftretende Hemmung der Hefegärung einer Zuckerlösung nicht mehr festzustellen war, wenn an Stelle der letzteren Bierwürze verwendet wurde. Da ja bekanntlich Eiweiss durch Kupfersalze ausgefällt werden kann, lag die Annahme der Bildung einer Kupfer-Eiweissverbindung nahe. Ebenso wie die Algenzellen können nach Bail<sup>28)</sup> auch tote Bakterienzellen eine antagonistische Wirkung haben. Nach diesem Verfasser soll auch bei den toten Zellen die bereits erwähnte Gramfärbbarkeit eine Rolle spielen, in dem Sinne, dass die grampositiven einen stärkeren Einfluss haben als die gramnegativen. Doerr<sup>29)</sup> hat gezeigt, dass ferner Pferdeserum die Bakterizidie eines durch Silber oligodynamisch gewordenen Wassers aufhebt. Aber auch Ionen können antagonistische Wirkung haben, wie dies Doerr z. B. bei Natriumchlorid und bei Leitungswasser beobachtete. Dieser Antagonismus der Salze wirkt allerdings nicht im Sinne einer Aufhebung, sondern nur einer Abschwächung und Verzögerung des oligodynamischen Einflusses, weshalb wohl Krause keinen Einfluss der Lösungsbestandteile des Wassers beobachtet hatte. Doerr zeigte, dass der Antagonismus von Natriumchlorid auf die Silberoligodynamie auf der Affinität der Silber- und Chlorionen im Verein mit der Wasserlöslichkeit des Silberchlorids beruht; die genannten Ionen setzen sich mit den nicht disoziierten Natriumchlorid- und Silberchloridmolekeln in ein veränderliches Gleichgewicht, das vom Massenwirkungsgesetz abhängig ist.

#### *Zusammenfassung.*

Mit den geprüften Katadynsterilisatoren, die nur für Wasser verwendet werden dürfen, kann Abtötung der pathogenen Wasserorganismen und von Kolibakterien erzielt werden. Für gewisse harmlose Keime der Luft und des Wassers scheinen diese Apparate dagegen nicht wirksam zu sein, so dass man nicht in allen Fällen ein Verschwinden der Gesamtkeimzahl erwarten darf.

<sup>27)</sup> Mittl. Lebensm. Hyg., **10**, 266 (1919).

<sup>28)</sup> Wien. klin. Wochenschr., **32**, 751 (1919).

<sup>29)</sup> Bioch. Z., **106**, 110 (1920).