

## VII.

Aus dem Pharmakologischen und Hygienischen Institut  
der Universität Marburg.

### Über den Sterilisationswert von Katacid und die Bakterienfällung durch Eisenhydroxyd.

Von

P. Köthner.

(Mit 1 Figur.)

In Nr. 34 der Deutschen medizinischen Wochenschrift 1915 habe ich, angeregt durch hiesige maßgebende Personen, über das Ergebnis meiner Nachprüfung von »Katacid-Tabletten« berichtet, welche für die Soldaten im Felde zur Trinkwassersterilisation bestimmt sind.

Dieser Bericht soll zunächst ergänzt werden durch die beigegebene Photographie von sieben Agarkulturen, welche den augenscheinlichen Beweis bringen für die Unzulänglichkeit der Katacid-Tabletten. Die Zahlen bedeuten die Minuten der Einwirkung des nach Vorschrift angewandten Mittels auf Wasser, das durch Typhusbazillen verunreinigt war. Man sieht, daß selbst nach 45 Minuten noch nicht alle Typhuskeime abgetötet sind, während die Vertriebsfirma<sup>1)</sup> behauptet, daß schon nach 15 Minuten alle Krankheitskeime abgetötet sind und das Wasser dann ohne jede Gefahr für die Gesundheit trinkbar sei.

Der hier illustrierte Versuch ist im Verlauf weiterer Untersuchungen wohl ein dutzendmal mit stets gleichem Ergebnis wiederholt worden.

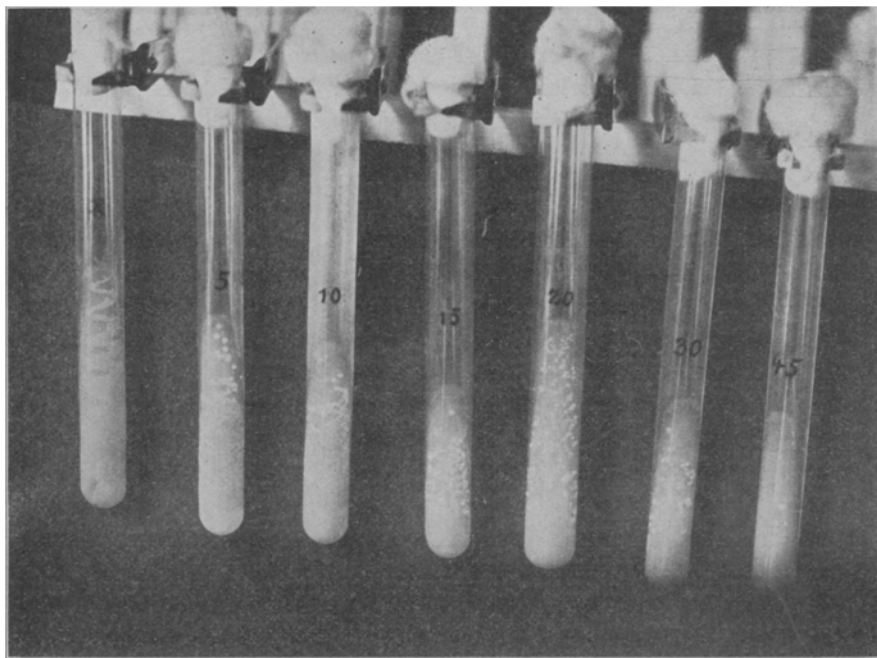
Die Angelegenheit wäre damit erledigt, wenn die genannte Firma ihre unzutreffende Behauptung nicht durch eine wissenschaftliche Untersuchung stützen würde, welche von Dr. Hugo Strauß in

---

1) Chemische Industrie Plitt, Berlin W. 50, Breslau 9.

Halle a. S. im dortigen Hygienischen Institut der Universität ausgeführt wurde<sup>1)</sup>.

Wenn das Vertrauen, welches die Industrie auf wissenschaftliche Untersuchungen setzt, ausnahmsweise einmal getäuscht wird, wie im vorliegenden Falle, so wird die Nachprüfung einer solchen Untersuchung notwendig; nicht etwa um den betreffenden Experimentator bloßzustellen, sondern im Gegenteil: ihn durch Aufdeckung vielleicht schwer erkennbarer Fehler seiner Methode zu entlasten und die wissenschaftlichen Methoden sicherer zu begründen.



Ich unternahm deshalb die Nachprüfung der von Strauß angewandten Methode, in der Erwartung, die Zuverlässigkeit seiner individuellen Arbeitsweise retten zu können, so daß sein irreführend günstiges Ergebnis nur der angewandten Methode zur Last fiel.

Die Methode von Strauß zur Prüfung des Sterilisationswertes seines Mittels ist die folgende: je 1 Liter des infizierten und dann mit

---

1) Veröffentlicht in: Medizinische Klinik 1915, Nr. 19, S. 3—8, unter dem Titel: »Versuche über Trinkwassersterilisation, ein Beitrag zur Bekämpfung der epidemischen Darmkrankheiten im Felde«.

dem Mittel desinfizierten Wassers »wurde nach Ablauf der Versuchszeit (NB. gemeint ist: nach Ablauf der Einwirkungszeit des Mittels) mit je 10 cem Krystallsoda (1 : 10) und Eisenchloridlösung (1 : 5) versetzt, und aus dem durch schnelle Filtration gesonderten Niederschlage je 2 Ösen auf Drygalski-Platten gestrichen«.

Diese Angaben sind unklar, geben aber bei möglichst zwangloser Deutung Anhaltspunkte für ein irreführend zu günstiges Resultat.

Zunächst: was heißt »schnelle Filtration«? ist Filtration unter vermindertem Druck gemeint? oder nur Filtrieren durch ein großes Faltenfilter? — Es war nötig, die Zeit anzugeben, welche die Filtration in Anspruch genommen hatte. Diese Zeit hätte addiert werden müssen zu der angegebenen Einwirkungszeit des Sterilisationsmittels, welches also nicht z. B. 15 Minuten, sondern  $15 + x$  Minuten eingewirkt hatte. Denn bei allen chemischen Fällungen, hier  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , haften und konzentrieren sich die gelösten Reagenzien im Niederschlage, in unserem Falle entweder Soda oder Eisenchlorid und — in jedem Falle — mindestens Kochsalz, je nachdem ein Überschuß von dem einen oder dem anderen Reagens oder genau äquivalente Mengen beider zersetzt waren. Jeder dieser Stoffe aber hat desinfizierende Eigenschaften; Chloride wirken bekanntermaßen auch in großen Verdünnungen stark fördernd bei der Keimtötung. Solche bakterizide Nachwirkung hätte kontrolliert und berücksichtigt werden müssen. — Demnach waren die Versuchsbedingungen in Wirklichkeit einer keimtötenden Wirkung günstiger als sie Strauß annahm. Trotzdem aber genügt die Berücksichtigung dieses Faktors, wie unten gezeigt werden wird, nicht zur Erklärung der von Strauß mitgeteilten guten Wirkung des Mittels.

Ferner ist auffallend, daß Strauß nicht angibt, wieviel von der Eisenchloridlösung 1 : 5 er verwendet, obwohl dies sehr wichtig ist. Sollte er, was man aus dem betreffenden Satz noch am ehesten herauslesen kann, auf 10 cem Soda- 10 cem  $\text{FeCl}_3$ -Lösung zugegeben haben, so hätte er gar keine Fällung mehr erhalten (vgl. S. 127) und einen mehr als dreifachen Überschuß angewandt, wodurch die Vermutung, daß Strauß Faktoren unbeachtet ließ, welche die bakterizide Wirkung seines Mittels unkontrolliert erhöhen, eine weitere Stütze finden würde. Die unten mitgeteilten Versuche bestätigen das, ergeben aber nicht so günstige Resultate, wie sie Strauß erhielt.

Die bisherigen Einwände sind nur gegen die Methode gerichtet, nicht gegen die Gewissenhaftigkeit des Experimentators, wenn auch bei derart verantwortlichen Untersuchungen die Anwendung mehrerer Methoden, bzw. einer erprobt einwandfreien Methode zu fordern wäre.

Was soll man aber dazu sagen, daß Strauß eine Tabelle veröffentlicht, deren 48 Daten nach seiner Methode überhaupt nicht erhalten werden konnten, weil die Methode aus chemischen Gründen hier versagt. — Überdies enthält gerade diese Tabelle die entscheidenden Werte, gibt die bakterizide Wirkung gerade desjenigen Mittels, bzw. Komposition, das Strauß vor den anderen bevorzugt und das für die Katakid-Tabletten des Handels Verwendung gefunden hat.

Die betreffende »Tabelle IV« von Strauß (a. a. O., S. 6) sieht so aus:

IV. Desinfektionsversuche mit 0,01 % Katalase und 0,25 % wasserfreier Zitronensäure in Flußwasser.

	Bakterienart:											
	Bakterium coli			Bakterium typhi			Cholera-vibrien			Bakterium dysenteriae		
	Zeit der Entnahme in Minuten:											
	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
1% = 0,36% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	+	+	0	+	0	0	+	0	0	+	0	0
0,5% = 0,18% >	+	+	+	+	0	0	+	+	0	+	+	0
0,25% = 0,09% >	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
1,125% = 0,045% >	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Sie gibt Aufschluß über die bakterizide Wirkung einer Mischung von Karbamid- $\text{H}_2\text{O}_2$  mit Katalase und Zitronensäure; + bedeutet: gewachsen, 0: abgetötet. Die durch fetten Druck hervorgehobene Konzentration dieser Mischung ist diejenige, welche Strauß für »praktisch befriedigend« hielt und für die Katakid-Tabletten des Handels empfohlen hatte.

Versucht man nun, gemäß der Vorschrift von Strauß, in der Lösung dieser Mischung durch die »10 ccm Soda 1:10 und Eisenchlorid 1:5« eine Fällung von  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  zu erzielen, so überzeugt man sich zunächst, daß schon deshalb nichts ausfällt, weil die Lösung dann noch sauer ist. Es werden allein zur Neutralisation der Säure 51 ccm der Sodalösung verbraucht. Man mag annehmen, daß diese Angabe vergessen worden ist, da sie eine Selbstverständlichkeit enthielte. Aber man bekommt ja überhaupt keine Fällung von Eisenhydroxyd; selbst dann nicht, wenn man die Säure vorher neutralisiert hat, da es Zitronensäure ist, deren Salze die Fällung von Eisenhydroxyd selbst in stark alkalischer Lösung bekanntermaßen ver-

hindern. Es entsteht, je nach der Menge der zugesetzten Soda, eine hellgrüne oder tiefbraune klare Lösung, aus der sich durch Filtrieren oder Zentrifugieren keine Spur Eisenhydroxyd absondern läßt. Wenn Bakterien in der Lösung sind, bleiben nur diese auf dem Filter zurück.

Da somit die Methode, die Bakterien bei Gegenwart von Zitronensäure in Eisenhydroxyd niederzuschlagen, keinen Zweck hat, ja unmöglich ist, so bleibt es zunächst rätselhaft, wie Strauß zu den 48 Werten seiner Tabelle IV gelangt ist. Entweder hat er die Nichtfällung von Eisenhydroxyd übersehen, oder er hat in diesen Fällen auf den Zusatz von Eisenchlorid und Soda verzichtet. In beiden Fällen wären die Versuchsbedingungen mildere als er sie annimmt, die Resultate müßten besser ausfallen, als sie werden können, wenn jene scharfen Bedingungen wirklich vorliegen, die er für seine Versuche in Anspruch nimmt.

Diese Folgerung, zu der man schon beim Durchlesen der Veröffentlichung auf verschiedenen Wegen gelangen kann, wird im folgenden durch Experimente gestützt werden.

Angesichts der Verantwortung, welche bei der Bearbeitung und Propagierung eines Mittels zur Seuchenbekämpfung ganz besonders groß ist, erscheint es nach dem Mitgeteilten fraglich, ob Strauß dieser großen Verantwortung gerecht geworden ist; sein Mittel ist nicht nur unzureichend für die behauptete Wirkung; es erscheint auch nicht einmal zureichend, falls man die zu beanstandende Untersuchungsmethode von Strauß als einwandfrei annimmt. Und besonders schwer fällt gegen ihn ins Gewicht die Unklarheit und Unvollständigkeit in der Mitteilung seiner Versuchsbedingungen, das gänzliche Fehlen von Angaben gerade über die entscheidenden Versuche.

### Experimenteller Teil.

#### I. Zusammensetzung der Katacid-Tabletten.

Die Tabletten sollen nach Strauß enthalten:  $\text{H}_2\text{O}_2$ : 0,45 g (= 1,25 g Peraquin<sup>1)</sup>); Zitronensäure: 0,625 g; Katalase: 0,025 g pro Tablette; Gewicht: 1,9 g. Sie enthalten tatsächlich im Mittel nur:  $\text{H}_2\text{O}_2$ : 0,4 g (= etwa 1 g Peraquin); Zitronensäure: 0,53 g (in einem Falle nur 0,2 g), das Gewicht einer Tablette schwankt zwischen 1,2 und 1,6 g. Katalase, welche den Zweck hat, das überschüssige

---

1) Peraquin-fest ist ein Name für Karbamid- $\text{H}_2\text{O}_2$ . Das Präparat stammt von der Firma Dr. Georg Henning, Berlin.

Wasserstoffsuperoxyd zu zerstören, war nur in einer der Proben noch in aktiver Form vorhanden, was an dem starken Schäumen erkannt wurde. Mit dieser besten Probe war das auf der Photographie fixierte schlechte Ergebnis erhalten worden. Die anderen Tablettenproben schäumten beim Auflösen in Wasser nicht; also war die Katalase entweder durch die Zitronensäure der Tablette zerstört gewesen, oder hatte sich durch langsame Zersetzung des  $H_2O_2$  im Peraquin der Tablette erschöpft. Der Titer der kalten Permanganatlösung blieb übrigens während einer halben Stunde beständig, während er sich bei Gegenwart organisierter Substanz langsam ändert.

Die Folge dieses Fehlens aktiver Katalase ist, daß das Wasser nach Behandlung mit Katakid-Tabletten noch nach 3 Stunden den unangenehm kratzenden, metallischen Geschmack des Wasserstoffsuperoxyds hat, zum Durstlöschen also schlecht geeignet ist, abgesehen davon, daß es noch Krankheitskeime enthalten kann. Ein Liter von so behandeltem Wasser kostet übrigens 30 Pf. (!)

In Anbetracht der nicht ganz nach der Straußschen Vorschrift ausgefallener Zusammensetzung der Tabletten mußte zunächst festgestellt werden, ob diese Abweichungen einen Einfluß auf die bakterizide Wirkung haben.

Es wurden deshalb die Komponenten von Katakid einzeln abgewogen; nach Vorschrift von Strauß: pro Liter Wasser 5 g Peraquin-fest und (2,5 g Zitronensäure, wasserfrei) 2,7 g Zitronensäure + 1  $H_2O$ . Katalase konnte weggelassen werden, ohne Beeinträchtigung des Resultats befürchten zu müssen, da, wie erwähnt, die Tabletten mit Katalase nicht besser wirken als die, in welchen dieselbe zerstört gewesen war, und da auch Strauß bei Gegenwart von Katalase keine merklich besseren Wirkungen erzielen konnte. Übrigens habe ich gelegentlich anderer Untersuchungen den Nachweis führen können, daß der aus Superoxyden entwickelte molekulare Sauerstoff für sich allein überhaupt keine bakterizide Wirkung ausübt.

5 g Peraquin-fest und 2,5 g Zitronensäure (wasserfrei) wurden also in 1 Liter Wasser gelöst, das mit  $\frac{1}{4}$  Kultur von *B. typhi* infiziert war. Nach 5, 10 und 15 Minuten wurde die Zitronensäure mit Soda neutralisiert bis zur lackmusalkalischen Reaktion und dann je eine Öse auf Agar ausgestrichen. Nach 20 Stunden Bebrütungszeit bei  $37^\circ$  war zwar eine geringe Hemmung des Wachstums gegenüber der Kontrolle zu erkennen; aber auch nach 15 Minuten Einwirkungszeit war der Agar noch flächenartig mit Kolonien bedeckt, genau so, wie z. B. auf der Photographie im Röhrchen »15«, dessen Kolonien nach Behandlung des Wassers während 15 Minuten mit fertigen Katakid-Tabletten gewachsen waren, welche aktive Katalase enthielten.

Um jeden Zweifel auszuschließen, wurden die nach der betreffenden Einwirkungszeit noch gewachsenen Typhuskolonien durch Agglutinationsversuche indentifiziert. Ein hochwertiges Immunsrum agglutinierte die betreffenden Typhusbazillen bis zur Titergrenze, während die Kontrolle (Kochsalzlösung) homogen blieb<sup>1)</sup>.

Die hier folgende kleine Tabelle soll das Ergebnis etwas übersichtlicher wiederholen:

Sterilisation durch: pro Liter	5 g Peraquin (= 1,8 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ); 2,5 g Zitronensäure			
Infizierung durch	<sup>1</sup> / <sub>1</sub> Kultur Bakterium typhi			
Nach 5 bzw. 10 bzw. 15 Minuten Zitronensäure mit Soda genau neu- tralisiert. Je 1 Öse auf Agar 20 Stun- den bei 37°	nach Einwirkung von Minuten			
	5	10	15	Kontrolle
Ergebnis . . . . .	+	+	+	+
Strauß fand . . . . .	+	0	0	?

Dieses negative Ergebnis gibt zunächst über das Gewünschte Aufschluß: die etwas andere und schwankende Zusammensetzung der Tabletten veranlaßt keine wesentliche Änderung der Sterilisationswirkung. Es beweist aber ferner, daß man unter Bedingungen, welche den von Strauß gewählten möglichst angepaßt sind, nicht ein gleich günstiges Resultat erhält; denn Strauß konstatierte nach nur 10 Minuten Einwirkungszeit bereits völlige Abtötung von Typhusbazillen.

Was die »möglichste« Anpassung an die von Strauß gewählten Bedingungen betrifft, so ist damit gesagt, daß seine ungenauen Angaben eine »vollkommene« Anpassung nicht ermöglichen. Nur in zwei Punkten könnte man seine Arbeitsbedingungen<sup>2)</sup> noch genauer nachahmen: 1. indem man die entnommenen Proben, anstatt auf Agar, wie er auf Drygalskiplatten ausstreicht, was aber gewiß eine belanglose Änderung ist: 2. indem man die von ihm benutzte Typhuskultur verwendet hätte, welche vielleicht nur geringe Widerstandsfähigkeit besitzt, da er sie weniger widerstandsfähig fand als seine Cholera-vibrionen, während im allgemeinen die letzteren viel leichter abgetötet werden können als Typhusbazillen.

1) Ausgeführt von Fr. Keiser im Untersuchungsamt für ansteckende Krankheiten in Marburg.

2) Vgl. oben S. 119, 120.

Dies ist eine der Möglichkeiten, welche Strauß zur Erklärung seiner günstigen Ergebnisse heranziehen könnte. Ob sie stichhaltig bleiben wird, ist allerdings fraglich; denn bei einem später zu beschreibenden Versuch 9, Tabelle C, arbeitete ich mit zwei verschiedenen Typhusstämmen; das Ergebnis aber mit dem sonst nicht benutzten Typhus 1498 fiel noch mehr zu Ungunsten von Strauß aus. — Im übrigen waren meine Versuchsbedingungen insofern mildere, als die von Strauß, als ich anstatt zwei Ösen stets nur eine Öse zur Prüfung entnahm, und zwar aus den im ganzen Liter verteilten Bakterien, während Strauß dieselben durch Filtrieren gesammelt hatte. Also kamen bei meinen bisherigen Versuchen erheblich viel weniger Bakterien auf den Nährboden, wodurch die möglicherweise größere Widerstandsfähigkeit meiner Typhuskulturen wahrscheinlich ausgeglichen war.

Eine andere Möglichkeit für die günstigen Ergebnisse von Strauß ist bereits im ersten Teil dieser Arbeit besprochen worden und soll hier genauer untersucht werden. Sie betrifft die fördernde Wirkung der nachträglich zugesetzten Reagenzien auf die Keimtötung, und die mögliche Nachwirkung derselben während der zur Filtration benötigten Zeit. Dadurch kann die endliche bakterizide Wirkung des Mittels besser erscheinen, als sie ohne diese helfenden Faktoren tatsächlich ist.

## II. Prüfung der Untersuchungsmethode für die Katacid-Tabletten von Strauß.

Aus der etwas unklaren Mitteilung von Strauß<sup>1)</sup> ist nicht ersichtlich, wieviel Eisenchlorid er zum Niederreißen der Bakterien im Eisenhydroxyd-Niederschlag verwendet. Obwohl diese Fällung bei Gegenwart der in den Katacid-Tabletten enthaltenen Zitronensäure gar nicht entsteht<sup>2)</sup>, so kam sie doch bei den anderen Versuchsreihen von Strauß in Betracht, bei denen keine Zitronensäure Verwendung fand. Es war daher von Interesse die Fällungsbedingungen quantitativ zu ermitteln.

Die Methode der Fällung der Bakterien mit Eisenhydroxyd ist nur dann annähernd einwandfrei, wenn genau äquivalente Mengen der Reagenzien angewendet werden, so daß nach der Fällung nur Kochsalz in der Lösung ist. Es wurde ermittelt, daß 10 ccm einer 1:10-Lösung von krystallisierter Soda 3,8 ccm einer empirischen Lösung Eisenchlorid (etwa 1:10) äquivalent sind (theoretisch für wasserfreies  $\text{FeCl}_3$ : 1,893 ccm in Lösung 1:5).

1) Vgl. oben S. 119, 120.

2) Vgl. oben S. 121.



5 ccm einer vorrätigen Sodalösung verbrauchten im Mittel 19,1 ccm einer  $\frac{1}{5}$  n-Schwefelsäure; sie enthielt demnach 10,9 g krystallisierte Soda in 100 ccm Lösung. Um sie genau 1 : 10 zu machen, wurden auf 100 ccm derselben 9 ccm Wasser zugesetzt.

10 ccm dieser Lösung wurden mit 3 ccm einer frisch bereiteten Eisenchloridlösung versetzt, verdünnt, vom  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  abfiltriert und mit  $\frac{1}{10}$  n-Salzsäure titriert. Von dieser wurden im Mittel 14,7 ccm verbraucht; demnach bleiben nach der Fällung noch 0,21 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq}$  übrig. Genaue Neutralität wurde erreicht, wenn auf 10 ccm der Sodalösung 3,8 ccm der empirischen Eisenchloridlösung angewandt wurden: auf 1 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq}$  : 0,379 g  $\text{FeCl}_3$ .

Dieses Äquivalenzverhältnis von Soda zu Eisenchlorid muß also eingehalten werden, wenn man die Methode zur Fällung von Bakterien anwenden will. Wenn man aber untersuchen will, welchen etwa fördernden Einfluß auf die Keimtötung ein Überschuß an Eisenchlorid hat, was für die Prüfung der Methode notwendig ist, so muß nunmehr festgestellt werden, wieviel Eisenchlorid man im Überschuß zusetzen darf, ohne dadurch die Fällung von Eisenhydroxyd zu verhindern. Die Grenze liegt ziemlich nahe oberhalb der Äquivalenz: zu 10 ccm Sodalösung 1 : 10 darf man nicht mehr als 5 ccm der Eisenchloridlösung zusetzen, wenn noch ein Niederschlag von  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  entstehen soll:

10 ccm der Sodalösung, entsprechend 1 g  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq}$ . gaben:

- mit 8 ccm der Eisenchloridlösung einen Niederschlag, der sich wieder löste;
- mit 7,6 ccm (0,757 g  $\text{FeCl}_3$ ) der Eisenchloridlösung eine klare dunkle Lösung;
- mit 5,0 ccm (0,502 g  $\text{FeCl}_3$ ) der Eisenchloridlösung einen Niederschlag und gelbes Filtrat;
- mit 3,8 ccm (0,379 g  $\text{FeCl}_3$ ) der Eisenchloridlösung einen Niederschlag und farbloses Filtrat.

Mit 5 ccm hat man also einen Niederschlag und Überschuß an Eisenchlorid (etwa 0,1 g).

Die kleine Tabelle liefert gleichzeitig den Nachweis, daß Strauß auf 10 ccm Soda nicht 10 ccm seiner Eisenchloridlösung angewandt haben konnte, obwohl dies die zwangloseste Deutung seiner Angabe ist<sup>1)</sup>; denn in dem Falle hätte er gar keine Fällung von Eisenhydroxyd erhalten, selbst bei Untersuchung derjenigen Mittel nicht, die keine Zitronensäure enthielten.

---

1) Vgl. S. 120.

Damit sind die Daten gegeben, welche für die Nachprüfung der Methode in Betracht kommen. Die Methode kann natürlich nur verwertet werden, wenn keine Salze organischer Säuren oder andere Stoffe in der Lösung sind, welche die Fällung von Eisenhydroxyd verhindern. Dies ist aber der Fall bei Katakid-Tabletten. Hier ist der Zusatz: gleichgültig welcher Mengen von Soda und Eisenchlorid, unangebracht, weil die Zitronensäure in jedem Falle die Fällung verhindert, welche die Bakterien niederreißen soll.

Trotzdem war es notwendig, genau nach der von Strauß angegebenen Methode zu verfahren, um die so erhaltenen Resultate mit den seinen vergleichen zu können. Denn, da Strauß diese Methode angibt, muß zunächst angenommen werden, daß er auch danach gearbeitet hat. Die Ergebnisse dieser Nachprüfung sind in den Tabellen A und B zusammengestellt.

Tabelle A. Je 4 Katakid-Tabletten wurden in je 1 Liter Wasser gelöst, welches mit je einer ganzen Aufschwemmung einer Schrägagarkultur von *B. typhi* infiziert war. Vor Zugabe der Tabletten war zur Kontrolle eine Öse auf Agar ausgestrichen worden. Nach 15 Minuten Einwirkung wurde wieder je eine Öse auf Agar abgeimpft. Bis hierhin sind die Versuche eine Wiederholung der früher ausgeführten; sie ergeben, wie die + Zeichen in der zweiten Reihe der Tabelle zeigen, das bereits festgestellte, fast ungestörte Weiterwachsen der Bakterien. Wenn Strauß ebenso verfahren hätte, ohne seine Zusätze zu machen, wäre er voraussichtlich ebenfalls zu einem ungünstigen Resultat gekommen.

Nunmehr aber, nach 15 Minuten, wurden die Zusätze gemacht. Das Wasser in Versuch I erhielt einen Überschuß von Soda: auf 0,25 g Soda 0,05 g Eisenchlorid; bei Versuch II kamen äquivalente Mengen zur Verwendung: auf 0,25 g Soda 0,10 g Eisenchlorid; Versuch III erhielt den erprobten Überschuß von Eisenchlorid: auf 0,25 g Soda 0,13 g Eisenchlorid. Es soll noch einmal hervorgehoben werden, daß diese genauen Abmessungen hier keinen Sinn haben, da eine Fällung von Eisenhydroxyd gar nicht eintritt, die Lösungen vielmehr nur eine grüne Färbung annehmen. Die Lösungen bleiben überdies zitronensauer, weil die von Strauß angegebenen 10 ccm = 1 g Soda nicht annähernd zur Neutralisation ausreichen. Bei diesen ersten drei Versuchen war aber nur der vierte Teil dieser Sodamenge angewandt worden. Dies geschah in der Absicht, über die untere Grenze der Beeinflussung der Sterilisation durch Soda und Eisenchlorid Aufschluß zu erhalten.

Je  $\frac{1}{2}$  Liter wurde nach im ganzen 18 Minuten durch ein großes Filter filtriert, von den verbleibenden halben Litern wurden Proben zentrifugiert. Von den Bakteriensedimenten wurde nach 25—30 Minuten Gesamteinwirkungszeit (das Filtrieren und Zentrifugieren nahm etwa 9 Minuten in Anspruch) je eine Öse auf Agar überimpft. Nach 20 Stunden bei  $37^{\circ}$  im Brutschrank zeigte sich in allen Agarröhrchen merklich gleiches Wachstum der Bakterien; ein irgendwie beachtenswerter Unterschied konnte nicht beobachtet werden. Nur gegenüber der ersten Kontrolle waren alle etwas gehemmt.

Daraus ist zu schließen, daß die angewandten Mengen Eisenchlorid in zitronensaurer Lösung die Keimtötung von *B. typhi* nicht einmal nach 30 Minuten Einwirkungszeit wesentlich fördern. — Durch Zusatz solcher Mengen zwecks vermeintlicher (!) Bakterienfällung konnte Strauß also seine günstigen Resultate nicht erhalten haben.

Um Strauß aber vollkommen gerecht zu werden, mußte noch die Möglichkeit zugegeben werden, daß er, ohne freilich dies mitzuteilen, die Zitronensäure neutralisiert habe vor Zugabe der Fällungsmittel, welche jedoch keine Fällung bewirken (!). — Deshalb wurde bei einem weiteren Versuch IV die Zitronensäure zunächst durch 37,2 ccm Sodalösung genau neutralisiert und dann 5 ccm Eisenchlorid und 10 ccm Sodalösung zugegeben, also ein Überschuß von Eisenchlorid, weil davon eine günstige Beeinflussung des Resultates erwartet wurde. Weil aber die Lösung noch hellgrün war und von einer solchen, bereits untersuchten, keine Verbesserung des Resultates erwartet wurde, so gab ich noch so viel Sodalösung zu, bis die Lösung eine braune Farbe angenommen hatte: etwa 40 ccm. In einer solchen Lösung ist zitronensaures Natron, Soda und kolloidales Eisenhydroxyd. Beim Filtrieren und Zentrifugieren blieben wieder nur die in der Farbe unveränderten Bakterien zurück, von denen je eine Öse nach insgesamt 30 Minuten auf Agar ausgestrichen wurde. — Hier war, nach 30 Minuten Einwirkungszeit, eine völlige Abtötung erreicht, sowohl in der filtrierten, wie in der zentrifugierten Probe, während ohne die Zusätze noch nach 45 Minuten Einwirkungszeit keine vollkommene Abtötung erreicht worden war (vgl. die Photographie). Die Ursache für diese nachträgliche Keimtötung ist, wie später nachgewiesen wurde, das zitronensaure Eisen.

Es ist nun aber mehr als fraglich, ob Strauß derartige Bedingungen eingehalten habe. Denn sein Sterilisationsmittel würde ja diese Zusätze, welche nur der Prüfung dienen sollen, für sich selbst beanspruchen müssen, um zu wirken; ferner wäre Aussehen und Geschmack unmöglich für Trinkwasser, und schließlich wäre

die Zeit, welche solch ein Mittel zur Keimtötung braucht, unzweckmäßig lang. — Aber wie dem auch sei: dieser eine günstig verlaufene Versuch gibt noch nicht die gewünschte Aufklärung.

Da es bei diesen an sich ja nutzlosen Versuchen allein darauf ankam, die Bedingungen herauszufinden, unter denen die guten Resultate von Strauß möglich erscheinen, so war mit den bisher vorwiegend schlechten Resultaten dem Zweck nicht gedient.

Es mußte deshalb noch eine weitere Versuchsreihe angesetzt werden, bei der die Arbeitsweise von Strauß noch genauer nachgeahmt, im übrigen aber die Bedingungen möglichst gemildert wurden.

Tabelle B. Für die vier Versuche V bis VIII dieser Tabelle wurden nicht die in ihrer Zusammensetzung schwankenden Katakid-Tabletten angewandt, sondern deren Bestandteile Peraquin-fest und Zitronensäure, in den von Strauß vorgeschriebenen Mengen. Über die Bedeutungslosigkeit der außerdem in den Tabletten enthaltenen Katalase ist oben (S. 123) das Notwendige gesagt worden.

Um ein gutes Resultat zu erzwingen, wurde hier, anstatt mit  $\frac{1}{1}$  Kultur von *B. typhi* je 1 Liter Wasser nur mit  $\frac{1}{4}$  Kultur infiziert; das Wasser war dadurch kaum sichtbar getrübt.

Nach 15 Minuten Einwirkungszeit wurden wieder die für die Bakterienfällung zwecklosen Zusätze gemacht, von denen aber eine spezifische Sterilisationswirkung vermutet wurde. — Diesmal kam genau die von Strauß angegebene Menge Soda: 1 g, zur Verwendung. Eisenchlorid, über dessen Menge er keine Angaben macht, wurde bei V in solchem Verhältnis zugesetzt, daß, falls keine Zitronensäure vorhanden wäre, eine Fällung von Eisenhydroxyd in einem Überschuß von Soda erfolgt wäre, bei VI Fällung und Äquivalenz, bei VII Fällung in einem Überschuß von Eisenchlorid. Eines von diesen drei Verhältnissen mußte ja Strauß angewandt haben, falls er überhaupt die von ihm angegebene Methode benutzt hatte. — Die in verdünnten Lösungen zugesetzten Substanzmengen enthielten genau die in der Tabelle angegebenen Mengen in Gramm. Nachdem derart ein möglichst günstiges Resultat vorbereitet war, zeigte sich, daß das Katakid ohne die Zusätze von Soda und Eisenchlorid nach 15 Minuten das Wachstum der Typhusbazillen erheblich gehemmt hatte; es waren nur noch rund 100 Kolonien aufgegangen, während in dem Kontrollagarröhrchen etwa 500 gewachsen sein mochten; genau zählbar waren sie nicht. Gleichwohl: 100 Kolonien ist eine nicht zu vernachlässigende Menge, die bei Wiederholung des Versuchs um 30—40 nach oben oder unten schwanken mag, aber nie bis auf vereinzelte Kolonien, die vielleicht vernachlässigt werden

könnten, herabgedrückt werden wird. Strauß dagegen konstatierte schon nach 10 Minuten Entwicklungszeit Abtötung aller Keime. Sein Mittel also ist unter gar keinen Umständen zu retten. Dieser widersprechende Befund klärte sich aber jetzt durch die Wirkung der Zusätze auf. Denn, nachdem diese gemacht waren und die Zeit verstrichen war, welche für das (überflüssige) Filtrieren in Betracht kommt, zeigte sich die Zahl der aufgegangenen Kolonien zum Teil ganz erheblich vermindert.

Von den 100 Kolonien, welche das Mittel selbst innerhalb 15 Minuten und, wie früher (vgl. die Photographie) nachgewiesen, auch innerhalb 30 Minuten nicht abzutöten vermochte, wurden durch die Zusätze während weiterer 15 Minuten, je nach deren Verhältnis 60—80 Keime abgetötet, und nach 30 Minuten Einwirkung der Zusätze, im ganzen nach 45 Minuten, war überall völlige Keimfreiheit festzustellen. — Ohne Zweifel also begünstigen die Zusätze irreführend das Resultat.

Ein Überschuß an Eisenchlorid über diejenige Menge, welche der Formel:  $3\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{FeCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = 6\text{NaCl} + 2\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{CO}_2$  entspricht, wirkt bei 1‰ Soda am günstigsten: VII (zwei Kolonien). Im allgemeinen scheint die bakterizide Wirkung bei gleichbleibender Sodamenge mit steigenden Mengen Eisenchlorid zu wachsen. Dieser Steigerung ist übrigens, wie oben (S. 126) nachgewiesen, eine enge Grenze gesetzt, falls man, natürlich nur möglich im Falle der Abwesenheit von Zitronensäure, gleichzeitig eine Fällung von Eisenhydroxyd erzielen will.

In Versuch VIII wurde, wie in IV, die Zitronensäure des Katakids neutralisiert und dann noch so viel Soda zugesetzt, bis eine braune Lösung von kolloidalem Eisenhydroxyd entstand, in welcher das Wasserstoffsperoxyd des Katakids kräftig zersetzt wird. Nach einigen Stunden wird die Lösung wieder gelb. Auch in diesem Falle war eine starke bakterizide Wirkung zu beobachten: es blieben von den 100 Kolonien nach 15 Minuten Einwirkung nur fünf übrig, nach 30, im ganzen 45 Minuten, gar keine. In diesem Falle ist die Wirkung nicht, wie bei VII, auf Eisenchlorid, sondern auf das zitronensaure Eisen bzw. auf das kolloidale Eisenhydroxyd zurückzuführen, wie weiter unten nachgewiesen ist.

Aus diesen Ergebnissen kann man ziemlich genau die Arbeitsweise von Strauß ableiten. — Neutralisiert hat er seine Zitronensäure nicht, weil er einen Zusatz von nur 1 g Soda vorschreibt, während zur Neutralisation von 2,5 g Zitronensäure 5,1 g nötig sind. Die Ergebnisse der Versuche IV und VIII kann er also

nicht zu seinen Gunsten in Anspruch nehmen, wohl aber das relativ günstigste Ergebnis von Versuch VII. Strauß hatte zur vermeintlichen Fällung der Bakterien ohne Frage einen Überschuß von Eisenchlorid angewandt. Denn es ist wohl möglich, daß bei Wiederholung dieses Versuches VII gelegentlich einmal, an Stelle der zwei, gar keine Kolonien aufgehen; diese zwei Kolonien beweisen wenig. Überdies hat er vielleicht, da er doch das Nichtausfallen von Eisenhydroxyd ohnehin übersehen hatte, noch mehr Eisenchlorid verwendet, als zulässig ist, um (bei Abwesenheit von Zitronensäure) noch eine Fällung von Eisenhydroxyd zu erhalten. Dann würde die mit wachsenden Mengen steigende bakterizide Wirkung Eisenchlorid sogar erklären, daß er nach nur »10 Minuten« Einwirkungszeit völlige Abtötung von Typhuskeimen beobachtet hatte. Trotzdem wären mit solcher Annahme seine Angaben nicht gerechtfertigt, weil er ja in Wirklichkeit nicht nach den »10 Minuten«, sondern nach  $10 + x$  Minuten (der Einwirkung der Zusätze wie des Mittels während des Filtrierens) den Erfolg erreicht hatte, und nicht allein durch sein Katacid, sondern ganz wesentlich durch eben diese Zusätze, welche nur zur Prüfung des Mittels dienen sollten; sie haben also eine der beabsichtigten genau entgegengesetzte Wirkung.

Soweit die Nachahmung der Straußschen Methode zur Prüfung von Katacid-Tabletten; sie kann als gelungen gelten.

### III. Sterilisationswirkung von Wasserstoffsuperoxyd mit Soda und Eisenchlorid.

Nicht für alle Versuche von Strauß gilt der Vorwurf, eine chemisch unmögliche Methode zur Prüfung angewandt zu haben. Er untersuchte auch Sterilisationsmittel, welche die Fällung von Eisenhydroxyd nicht verhindern, bei deren Prüfung also die Methode sinnvoll anwendbar ist. In seiner ersten Versuchsreihe z. B. kam er mit Wasserstoffsuperoxyd (als Peraquin-fest) bezüglich Typhusbazillen zu folgendem, übrigens gleichen Resultat wie mit Katacid:

1 l Leitungswasser	$\frac{1}{l}$ Kultur Bakterium typhi		
0,5% Peraquin - fest = 0,18% $H_2O_2$	Zeit der Entnahme in Minuten		
	5	10	15
	+	0	0

+ heißt: gewachsen; 0 heißt: abgetötet.

Da hier keine Zitronensäure anwesend ist, mußte er durch Soda und Eisenchlorid im richtigen Verhältnis die erwünschte Konzentrierung der Bakterien im Eisenhydroxyd-Niederschlage erhalten haben.

Dieser Versuch wurde genau ebenso ausgeführt; Eisenchlorid wurde in der 1 g Soda äquivalenten Menge zugesetzt. — In Tabelle C IX ist das Resultat registriert. Nach 15 Minuten Einwirkung war noch keine Abtötung erfolgt. Für die Beurteilung des Mittels selbst ist dieses Ergebnis entscheidend; es widerspricht demjenigen von Strauß. Als aber dann die Fällung ausgeführt und vom Niederschlage abfiltriert war, waren in einer Öse desselben nach weiteren 15 Minuten keine Keime mehr enthalten. Zur Kontrolle kam hier noch ein anderer, sonst nicht verwerteter Typhusstamm zur Verwendung, in der Erwartung eines vielleicht günstigeren Resultats; aber er zeigte sich noch widerstandsfähiger als der gewöhnlich gebrauchte: IX b zeigt, daß im Niederschlage nach im ganzen 30 Minuten noch eine erhebliche Menge von Typhuskolonien enthalten waren. Wenn diese aber nicht konzentriert wird, sondern in der ganzen Flüssigkeit verteilt bleibt, dann ist in einer Öse davon kein Keim mehr enthalten. — Man sieht, wie notwendig es ist, schärfste Bedingungen zu schaffen, um nicht über die wirkliche Sterilisationskraft eines Mittels getäuscht zu werden.

Dieser Versuch wirft ein letztes Schlaglicht auf die Arbeitsweise von Strauß. — Daß er auch in diesem Falle ein wesentlich günstigeres Ergebnis konstatieren konnte, erklärt sich dadurch, daß er es ohne Nachprüfung angenommen hat: sein Wasserstoffsuperoxyd wirke während der Zeit, welche Fällung und Filtration in Anspruch nehmen, nicht mehr weiter, höre also nach 5, 10, 15 Minuten plötzlich auf zu wirken, sobald die Bakterienfällung in Eisenhydroxyd vorgenommen wird. Das Gegenteil ist der Fall: sobald die Fällung entsteht, beginnt eine kräftige Zersetzung des Wasserstoffsuperoxyds; die Bedingungen sind völlig verändert: neben Wasserstoffsuperoxyd kann noch das entstandene Kochsalz, die entweichende Kohlensäure und vielleicht auch spurenweise in Lösung gehaltenes Eisenhydroxyd an der Gesamtwirkung beteiligt sein. So entsteht also durch die Fällung ein ganz neues Sterilisationsmittel, und dessen Wirkung ist es, die Strauß beobachtet hatte, nicht die von Wasserstoffsuperoxyd.

Fassen wir alle Ergebnisse, welche bei der Nachprüfung der Veröffentlichung von Strauß erhalten wurden zusammen, so ist zu sagen:

1. Bei der Prüfung aller von ihm verwandten Sterilisationsmittel ist Strauß das Opfer einer irreführenden Methode geworden.

2. Da diese Methode bei der Prüfung im besonderen seiner Katakid-Tabletten nicht anwendbar ist, so ist er durch zwecklose, ja unverständliche Manipulationen ein zweites Mal irreführt worden.

3. Übersieht man diese beiden Faktoren zu seinen Gunsten, so finden seine scheinbar günstigen Resultate eine Bestätigung.

4. Bei Anwendung einer zuverlässigen Methode aber werden alle seine Sterilisationsmittel für den gedachten Zweck der Trinkwasserreinigung fast wertlos.

Mit dieser Feststellung kann das Thema »Dr. Strauß' Katakid-Tabletten« als erschöpft gelten.

#### IV. Sterilisierende Eigenwirkung von Zitronensäure, Eisenchlorid und Soda in Wechselwirkung.

Es ist nicht möglich, diese Untersuchung abzuschließen, ohne die Methode der Bakterienfällung durch Eisenhydroxyd für solche Fälle geprüft zu haben, wo sie wirklich anwendbar ist, und folglich die Eigenwirkung der in Frage kommenden Reagenzien zu studieren.

Über einen derartigen Versuch wurde bereits berichtet (S. 132, Tabelle C, IX); bei demselben war aber noch Wasserstoffsuperoxyd zugegen. Jetzt sollen lediglich die Fällungsreagenzien und die fällungshindernde Zitronensäure untersucht werden.

Tabelle C. Versuch X sollte aufklären 1. über die Wirkung von 0,05% Eisenchlorid, welches gemäß der Methode nach der Einwirkung eines Sterilisationsmittels zugesetzt wird. Es hat für sich allein innerhalb der fraglichen 15 Minuten keine sterilisierende Wirkung; 2. bezweckte der Versuch Beobachtung der Wirkung einer nur teilweisen Fällung von Eisen durch 0,1% Soda, so daß also Eisenchlorid neben Eisenhydroxyd zugegen sind. Die Prüfung des abfiltrierten Sediments nach weiteren 15 Minuten, sowie der nur aufgerührten Flüssigkeit ergab, daß keine merkliche Wachstumshemmung eingetreten war.

Man ersieht daraus, daß beim Prüfen eines Sterilisationsmittels das Niederschlagen der Bakterien durch Eisenhydroxyd, selbst bei dem möglichen kleinen Überschuß von Eisenchlorid, das Resultat nicht wesentlich beeinträchtigen kann, wenn man die angewandten Mengenverhältnisse beachtet. Voraussetzung dabei ist natürlich, daß das Sterilisationsmittel keine Stoffe enthält, welche mit den Fällungsmitteln reagieren.



Versuch XII bezweckt Aufklärung über die Wirkung von Eisenchlorid mit einem solchen Überschuß von Soda, daß sich das zunächst ausfallende Eisenhydroxyd wieder löst; die braune Lösung enthält also neben Eisenchlorid kolloidales Eisenhydroxyd. — In diesem Falle konnte nach einer ganzen Stunde noch keine merkliche Hemmung des Bakterienwachstums beobachtet werden.

Der Versuch ist vergleichbar mit VII und VIII, Tabelle B, bei welchem aber in der ebenfalls braunen, bzw. gelben Lösung noch zitronensaures Natron, bzw. Zitronensäure neben Wasserstoffsuperoxyd zugegen war. Da in jenen Fällen eine sehr starke Hemmung beobachtet worden war, so scheint das zitronensaure Natron und die freie Zitronensäure die Wirkung wesentlich zu beeinflussen. Dies wird bestätigt durch Versuch XI.

Versuch XI. Hier zeigt sich die Wirkung der reingelben Lösung von zitronensaurem Eisen und Natrium neben freier Zitronensäure. Nach 15 Minuten ist noch keine merkliche Hemmung zu erkennen; nach 30 Minuten aber war das Wachstum stark gehemmt, nach 45 Minuten war völlige Abtötung der Typhuskeime erfolgt. Die angewandten Mengen entnimmt man der Tabelle.

Dieser Versuch ist gut vergleichbar mit Versuch VI, Tabelle B, bei welchem genau die gleichen Mengen von Zitronensäure, Eisenchlorid und Soda verwendet wurden; außerdem war nur noch 0,18%  $H_2O_2$  zugegen. Da dessen Wirkung aber für sich allein nicht erheblich ist (vgl. IX, Tabelle C), so sind auch die Resultate dieser beiden Versuche vergleichbar: VI hatte nach 30 Minuten 8 Keime, XI war stark gehemmt.

Eine solche Lösung, wie sie für Versuch XI verwandt wurde, könnte folglich mit verhältnismäßig größerem Recht für die Sterilisation von Trinkwasser in Betracht kommen als das Katacid, welches, wie die Photographie zeigt, noch nicht einmal nach 45 Minuten alle Typhuskeime abzutöten vermag.

Es entbehrt nicht eines gewissen Humors, daß gerade diejenige Lösung, mit der Strauß schärfste Prüfungsbedingungen für sein Katacid schaffen wollte, sich als ein neues und besseres Sterilisationsmittel erweist als das Katacid selber ist.

---

Tabelle A.

Versuch Nr.	I	II	III	IV	Strauß fand:
Infizierung durch je $\frac{1}{4}$ Kultur: pro Liter	Bakterium typhi M [Stammkultur des Untersuchungsamtes für ansteckende Krankheiten in Marburg]				Typhus
Sterilisation durch je: pro Liter	4 Katacid-Tabletten				4 Katacid- Tabletten
Kontrolle <sup>1)</sup> . . . . .	+	+	+	+	?
nach Einwirkung <sup>1)</sup> von 15 Minuten . . . . .	+	+	+	+	?
nach 15 Minuten ( g $\text{Na}_2\text{CO}_3$ + 10 aq . .	0,25	0,25	0,25	3,50	1,00
Zusatz von ( g $\text{FeCl}_3$ . . . . .	0,05	0,10	0,13	0,13	?
nach Einwirkung <sup>1)</sup> von 18 bzw. 3 Minuten	+	+	+	+	?
Filtriert. $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Minuten} . . \\ 10 \text{ „} . . \\ 15 \text{ „} . . \\ 30 \text{ „} . . \end{array} \right.$	(+)	(+)	(+)	(+)	$\left. \begin{array}{l} + \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\} \text{ je 2 Ösen}$ (0)
Sediment <sup>1)</sup> nach Gesamt-	(+)	(+)	(+)	(+)	
einwirkung von	(+)	(+)	(+)	(+)	
	+	+	+	0	
Zentrifugiert. $\left\{ \begin{array}{l} 5 \text{ Minuten} . . \\ 10 \text{ „} . . \\ 15 \text{ „} . . \\ 30 \text{ „} . . \end{array} \right.$	(+)	(+)	(+)	(+)	$\left. \begin{array}{l} + \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{array} \right\}$ }
Sediment <sup>1)</sup> nach Gesamt-	(+)	(+)	(+)	(+)	
einwirkung von	(+)	(+)	(+)	(+)	
	+	+	+	0	

+ heisst: gewachsen.

0 heisst: nicht gewachsen.

Die eingeklammerten Zeichen beziehen sich auf nicht direkte Beobachtungen, ergeben sich aber notwendig aus direkten Beobachtungen.

1) Je 1 Öse auf Agar; 20 Stunden bei 37°.

Tabelle B.

Versuch Nr.	V	VI	VII	VIII	Strauß fand:
Infizierung durch je $\frac{1}{4}$ Kultur: pro Liter	Bakterium typhi M				Typhus
Sterilisation durch je: pro Liter	5 g Peraquin [= 1,8 g H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ]; 2,5 g Zitronensäure [aq.-frei]. Das sind: 4 Katacid-Tabletten ohne Katalase				4 Katacid- Tabletten
Kontrolle <sup>1)</sup> . . . . .	+	+	+	+	?
nach Einwirkung von 15 Minuten <sup>1)</sup>	+ (etwa 100, 2)	+ (etwa 100)	+ (etwa 100)	+ (etwa 100)	?
nach 15 Minuten { g Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> + 10 aq Zusatz von { g FeCl <sub>3</sub> . . . . .	1,000 0,210	1,000 0,379	1,000 0,502	13,0 0,502	1,0 ?
Die Lösungen enthalten dann neben H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> {	freie Zitronensäure, Sodaüberschuß gg. FeCl <sub>3</sub>	freie Zitronensäure, Sodaäquivalent gg. FeCl <sub>3</sub>	freie Zitronensäure, FeCl <sub>3</sub> -Überschuß gg. Soda	zitronensaures Na., Sodaüberschuß gg. FeCl <sub>3</sub>	freie Zitronensäure, Soda zu FeCl <sub>3</sub> unbekannt
Aus den klaren Lö- sungen <sup>1)</sup> nach Gesamt- einwirkung von {	(+) (+) (+) + (41) 0	(+) (+) (+) + (8) 0	(+) (+) (+) + (2) 0	(+) (+) (+) + (5) 0	+ 0 0 (0) (0)

+ heißt: gewachsen.

0 heißt: nicht gewachsen.

1) Je 1 Öse auf Agar; 20 Stunden bei 37°.

2) Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Zahl der aufgefundenen Kolonien.

Tabelle C.

Versuch Nr.	IX		X	XI	XII	Strauß fand:
	a Typhus M	b Typhus 1498	Typhus M	Typhus M	Typhus M	
Infizierung durch $\frac{1}{4}$ Kultur: pro Liter						Typhus
Sterilisation durch: pro Liter	5,000 g Peraquin [ $= 1,8 \text{ g H}_2\text{O}_2$ ]		0,502 g $\text{FeCl}_3$	2,500 g Zitronensäure [aq-frei] 0,379 g $\text{FeCl}_3$ 1,000 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq}$	0,757 g $\text{FeCl}_3$ 1,000 g $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq}$	5,000 g Peraquin [ $= 1,8 \text{ g H}_2\text{O}_2$ ]
Kontrolle <sup>1)</sup> . . . . .	+	+	+	+	+	?
15 Minuten	+	+	+	+	+	
nach Einwirkung von	s. unten		s. unten		}	}
30 „						
45 „						
60 „						
nach 15 Minuten (g $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq}$ Zusatz von { g $\text{FeCl}_3$ . . . . .	1,000	0,379	1,000 s. oben	kein Zusatz	kein Zusatz	1,000 ?
Aussehen nach dem Zusatz . . . . .	Fällung, farb- lose Lösung	Fällung, farb- lose Lösung	Fällung, gelb- liche Lösung	rein gelbe Lösung	braune Lösung	?
Die Lösungen dann enthalten	0,250	0,250	etwa 0,1	0,0	0,0	}
	Überschuß $\text{FeCl}_3$ g . . . . .	0,0	0,123	0,0	0,379	
	an { $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 10 \text{ aq g}$	0,0	0,0	0,0	0,0	
	$\text{NaCl g}$ . . . . .	0,409	0,409	0,409	0,409	
	zitronensaures Eisen . . . . . bzw. Kolloid $\text{Fe(OH)}_3$ . . . . .		1,66 [1,2 g Ac. citr.] (0,250)	obige Lösung	obige Lösung	
Filteriert. (Sediment <sup>1)</sup> .	0	+	+	s. oben	s. oben	2 Ösen v. Sediment nach 5 Minuten +
Nach Gesamteinwir- kung von 30 Minuten { aufgeführt	0	0	+			» 10 „ 0 » 15 „ 0 » 30 „ 0
+ heißt: gewachsen.	-		heißt: »weniger« gewachsen.		0 heißt: nicht gewachsen.	

1) Je 1 Öse auf Agar; 20 Stunden bei 37°.