XI.

Die Lebens- und Vermehrungsbedingungen der Mikroorganismen im Wasser.

Wenn in den Wässern eine verschiedene Anzahl von Mikroorganismen gefunden wird, so deutet diese Erscheinung darauf hin, dass Bedingungen vorhanden sein müssen, welche die Erhaltung und die Vermehrung der Individuen beeinflussen.

In den nächsten Capiteln sollen die hauptsächlichsten dieser Factoren besprochen werden.

A. Die Ernährungsbedingungen der Bakterien.

Die Mikroorganismen bedürfen im Allgemeinen zu ihrer Entwickelung nur kleinster Mengen von Nährsubstanzen. Vor Allem haben sie Wasser nöthig, dann etwas organische Materie und geringe Mengen von Salzen. Einige wenige Arten ausgeschlossen, verlangen die Bakterien ein neutrales oder leicht alkalisch reagirendes Medium zu ihrem Gedeihen. Jedoch kommen auch Ausnahmen von dieser Regel vor; trotzdem z. B. die gekochten Kartoffeln gewöhnlich leicht sauer reagiren, bilden sie einen den meisten Bakterien passenden Nährboden.

Naegeli[1]) fand, dass der Körper der Schizophyten sich ausser aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff aus den folgenden Elementen: Schwefel, Phosphor, Kalium (Rubidium bezw. Cäsium) und Calcium (Magnesium, Baryum bezw. Strontium) aufbaut.

Den nöthigen Stickstoff entnehmen die Mikrophyten nach Naegeli nur aus stickstoffhaltigen Verbindungen; hierbei werden die wasserstoffhaltigen Verbindungen des Stickstoffs den sauerstoffhaltigen im Allgemeinen vorgezogen. Auch den Kohlenstoff können die Bakterien nach demselben Autor nur aus wasserstoffhaltigen Kohlenstoffverbindungen assimiliren. Unter den Kohlenstoff und Stickstoff enthaltenden Nährsubstanzen steht nach Naegeli

[1]) Untersuchungen über niedere Pilze.

als Nährmaterial voran: Eiweiss und Zucker [am besten Pepton mit Traubenzucker (Hueppe)], dann folgen Leucin und Zucker, weinsaures Ammonium und Zucker, Eiweiss, Leucin, weinsaures Ammonium und essigsaures Ammonium. Die Bakterien stimmen also mit den Pflanzen darin überein, sagt Cohn, dass sie den in ihren Zellen enthaltenen Stickstoff in Form von Ammoniakverbindungen assimiliren können; sie unterscheiden sich aber dadurch von den höheren Pflanzen, dass sie den Kohlenstoff nicht aus der Kohlensäure zu entnehmen vermögen.

Der zweiten Hälfte dieses Ausspruches stehen aber Beobachtungen von Heraeus[1]) und Hueppe[2]) entgegen, denen zufolge eine nitrificirende Bakterie in üppiger Weise in einem Nährmedium gedeihen kann, welches den Kohlenstoff nur als kohlensaures Ammoniak enthält; es entsteht dabei ein der Cellulose nahestehendes Kohlehydrat. Winogradsky[3]) hat die Annahme der beiden Autoren durch einwandsfreie Versuche gestützt.

Die Zusammensetzung der Bakterien schwankt innerhalb weiter Grenzen und ist auch bei ein und derselben Art je nach dem Nährmaterial verschieden. Die Bakterien besitzen, was namentlich ihren Eiweissgehalt angeht, ein hervorragendes Vermögen, sich dem Nährmaterial anzupassen, wie E. Cramer[4]) gezeigt hat:

Gewachsen auf Nähragar mit	Stickstoffsubstanz			Aether-Alkoholextract			Asche		
	1 Proc. Pepton	5 Proc. Pepton	5 Proc. Traubenzucker	1 Proc. Pepton	5 Proc. Pepton	5 Proc. Traubenzucker	1 Proc. Pepton	5 Proc. Pepton	5 Proc. Traubenzucker
Pfeiffer's Bacillus . .	66,6	70,0	53,7	17,7	14,63	24,0	12,56	9,10	9,13
Marburger Wasserbac.	78,1	79,6	59,0	16,9	17,83	18,4	11,42	7,79	9,20
Pneumonie-B. Friedl. .	71,7	79,8	63,6	10,3	11,28	22,7	13,94	10,36	7,88
Rhinosklerom-B. . . .	68,4	76,2	62,1	11,1	9,06	20,0	13,45	9,33	9,44

[1]) Ueber das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser, sowie über reducirende und oxydirende Eigenschaften der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene 1, 226.

[2]) Die hygienische Bedeutung des Trinkwassers vom biologischen Standpunkte. Schilling's Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Sonderabdruck 1887.

[3]) Annales de l'institut Pasteur 1890.

[4]) E. Cramer, Die Zusammensetzung der Bakterien in ihrer Abhängigkeit vom Nährmaterial. Habilitationsschrift. Heidelberg 1892.

Die mittlere elementare Zusammensetzung der Bakterien fand E. Cramer mit C = 51,1 Proc., H = 6,64 Proc., N = 13,46 Proc., Asche = 9,6 Proc.; diese Zahlen entsprechen der mittleren Zusammensetzung des Eiweisses.

Cramer-Zürich[1]) versuchte die geringste Menge organischer Substanz zu ermitteln, welche den Mikroorganismen noch die Vermehrung gestattet. Er bestimmte den Gehalt an organischer Substanz in 1 ccm Nährgelatine und stellte sich dann durch Hinzufügen dieser Gelatine zu destillirtem Wasser Flüssigkeiten her, welche 3 Theile organischer Substanz auf 100 000, 1 auf 100 000 und 1 auf 1 000 000 Theile Wasser enthielten.

Es hatten sich 312 eingebrachte Organismen vermehrt:

in der Flüssigkeit	nach 2 Tagen auf	nach 4 Tagen auf
3 : 100 000	1 589 688	15 000 000
1 : 100 000	13 102	3 656 000
1 : 1 000 000	440	3 252 000

In dem nicht mit Nährsubstanz versetzten destillirten Wasser hatte indessen innerhalb zweier Tage ebenfalls eine Vermehrung der Mikroorganismen um das Zehnfache stattgefunden.

Wolffhügel und Riedel[2]) sterilisirten Pankewasser, welches mit 50 bezw. 90 Proc. destillirten Wassers gemischt war, sowie gewöhnliches destillirtes Wasser und übertrugen in diese drei Flüssigkeiten einen im Wasser häufig vorkommenden, die Gelatine verflüssigenden Bacillus. Es ergab sich nur ein geringer Unterschied.

Bolton unterwarf, um möglichst vollständig alle löslichen Stoffe zu eliminiren, destillirtes Wasser einer abermaligen Destillation in einem vollständig aus Glas bestehenden Apparat. In diesem Wasser, welches nur minimale Spuren von organischer Substanz und von Salzen enthalten konnte, vermehrten sich zwei im Wasser häufige Organismen in ganz derselben Weise wie in gewöhnlichem, an gelösten Stoffen reichem Wasser. Wurde ein derartiges Wasser, nachdem es Millionen von Organismen zur Nahrung gedient hatte, nochmals sterilisirt und wieder geimpft, so trat abermals dieselbe kolossale Vermehrung ein. Selbst bei sechsmal wiederholter Einsaat und Sterilisation desselben Wassers blieb die Anzahl schliesslich dieselbe.

[1]) Die Wasserversorgung von Zürich, ihr Zusammenhang mit der Typhusepidemie des Jahres 1884.

[2]) Wolffhügel und Riedel, Die Vermehrung der Bakterien im Wasser. Experimentelle Ermittelungen.

10 ccm zweimal destillirten, geimpften Wassers liessen pro Cubikcentimeter zum Wachsthum kommen	Zahl der Colonien von			
	Mikrok. aquatilis		Bac. erythrosporus	
	frisch	nach 3 Tagen	frisch	nach 3 Tagen
Dieselben 10 ccm nach 3 Tagen sterilis. u. z. 2. Male geimpft	17 000	unzählig	2 600	unzählig
	16 000	„	2 800	„
„ „ „ „ „ 3. „ „	4 400	„	1 200	„
	5 000	„	1 100	„
„ „ „ „ „ 4. „ „	6 000	„	800	„
	5 680	„	800	„
„ „ „ „ „ 5. „ „	18 000	„	3 000	„
	5 400	„	2 600	„
„ „ „ „ „ 6. „ „	22 410	„	8 800	„
	24 200	„	10 000	„

Es bedürfen also einige Bakterienarten nur minimaler Mengen gelöster Stoffe. Allerdings ist auch die grösste Zahl der in einem Wasser vorkommenden Bakterien in ihrer Masse immer noch verschwindend klein. Bolton nimmt an, in den erwähnten 10 ccm Wasser betrage die Bakterienzahl 20 Millionen; diese repräsentiren, wenn das specifische Gewicht gleich 1 und der Durchmesser des einzelnen Mikroorganismus gleich 1 μ gesetzt wird, immerhin nur ein absolutes Gewicht von $^1/_{100}$ mg, also eine für unsere Messmethoden nicht mehr zu bestimmende Quantität. Forster[1]) schätzt das Gewicht von 10 Milliarden Cholerabacillen auf höchstens 1 mg, „wahrscheinlich kaum viel mehr als $^1/_{10}$ mg". Bedenkt man, dass nach den Untersuchungen von Kappes[2]) über 80 Procent des Körpergewichts der Bakterien aus Wasser bestehen, so bleibt für jeden der übrigen Stoffe ein verschwindender Werth. So viel gelöste Stoffe dürften sich auch in den reinsten Wässern finden, andernfalls genügen einige Pflanzenfäserchen (Watte) u. s. w., um das erforderliche geringe Nährmaterial zu liefern.

Noch grösser erscheint die Anspruchslosigkeit der erwähnten Mikroorganismen, wenn man berücksichtigt, dass die nach den späteren Sterilisirungen wachsenden Bakterien dieselben Stoffe wieder benutzten, welche schon mehrere Male anderen Generationen zur Nahrung gedient hatten.

[1]) Hygienische Rundschau 1893, S. 722.
[2]) Leipziger Dissertation 1891.

Hier muss jedoch eine Beobachtung Miquel's[1]) Erwähnung finden, welche dafür spricht, dass möglichst reines, destillirtes Wasser, welches weder organische Substanzen noch Salze enthält, ungeeignet zur Ernährung von Bakterien ist.

Miquel gab in eine Glasschale destillirtes Wasser hinein, setzte über die Glasschale luftdicht eine Glocke, welche oben ebenfalls luftdicht einen Glaskolben mit rundem Boden trug. In den Kolben wurde constant kühles Wasser geleitet, während das destillirte Wasser der Glasschale auf 30° C. gehalten wurde. Unter dem Kolben stand eine kleine Glasschale, in welche dasjenige Wasser niedertropfte, welches sich an der Aussenseite des gekühlten Glasballons aus dem Wasserdunst der auf 30° erwärmten Schale niederschlug. Dieses bei 30° destillirte Wasser liess eingesäete Bakterien nicht zum Wachsthum kommen, sondern in kurzer Zeit absterben.

Im Uebrigen ist das Nahrungsbedürfniss der Bakterien verschieden, und bei Weitem nicht alle Mikroorganismen besitzen die Fähigkeit, die in einer grossen Menge Wasser vertheilten minimalen Nährstoffe sich zu eigen zu machen. Manche Arten, vor Allem die gewöhnlich im Wasser lebenden, mögen sich den von Bolton untersuchten Arten gleich oder ähnlich verhalten; jedoch thun das zweifellos nicht sämmtliche im Wasser vorkommende Spaltpilze. Rosenberg übertrug eine Reihe von Mikroorganismen, welche er aus Mainwasser gezüchtet hatte, in sterilisirtes, destillirtes Wasser; während sich die meisten Arten in kurzer Zeit stark vermehrten, starben drei darin rasch ab.

Es ist kaum zu bezweifeln, dass die meisten Mikrophyten, welche im Boden u. s. w. gefunden werden, welche also an eine mässige Feuchtigkeit und an ein concentrirtes Nährmaterial gewöhnt sind, mit so diluirtem Nährmaterial, wie es das reine Wasser bietet, nicht auszukommen vermögen.

Die in dem Wasser vorkommenden organischen Substanzen lassen sich der absoluten Menge nach nicht immer mit Sicherheit bestimmen. Man darf zumal bei der häufig angewandten Chamäleonprobe aus den reducirten Mengen Kaliumpermanganats nur mit einer gewissen Vorsicht auf grössere oder kleinere Mengen vorhandener organischer Substanzen schliessen.

Die durch Mikroorganismen veranlassten Zersetzungen der letzteren bedingen zuweilen, dass ein Wasser, nachdem es einige Tage mit den darin enthaltenen Bakterien gestanden hat, mehr Kaliumpermanganat reducirt, als das entsprechende frische Wasser.

[1]) Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 156 — 161.

Einschlägige Beobachtungen sind von Brunner und Emmerich, Schöttler, Moser sowie Roth und Anderen gemacht worden.

Bei den Versuchen von Roth betrug z. B. im Beginn der Untersuchung das zur Oxydation erforderliche Kaliumpermanganat 3,0 mg auf 100 ccm, nach 10 Tagen hingegen waren 4,0 mg auf 100 ccm erforderlich.

Ferner kommt für die Bakterien nicht allein die Quantität, sondern auch die Qualität der Nährstoffe in Betracht. Während z. B. der von Heraeus beobachtete Bacillus aus Ammoniumcarbonat den zu seiner Entwickelung nothwendigen Kohlenstoff zu entnehmen vermag, sind für andere Organismen complicirte organische Verbindungen erforderlich. Jedoch bestehen auch unter diesen bezüglich ihrer Assimilationsfähigkeit Unterschiede, und zwei Wässer, welche den gleichen Kalipermanganatverbrauch zeigen, können als Nährböden für die Mikroben gewaltig verschieden sein.

Von Einfluss auf die Assimilation von Nährstoffen ist zweifellos auch die Temperatur. Es giebt viele Organismen, welche, eine bestimmte niedere Temperatur vorausgesetzt, bei gutem Nährmaterial sich vermehren und bei schlechten Nährstoffen absterben; erhöht man aber die Temperatur, so wird der nachtheilige Einfluss der schlechten Nahrung durch die Wärmezufuhr aufgehoben und es findet eine reichliche Zunahme statt.

Anspruchsvoll bezüglich des Nährmaterials sind im Allgemeinen die pathogenen Bakterien, z. B. die Erreger der Cholera und des Typhus. Ohne auf die später zu erörternden Verhältnisse hier näher einzugehen, sei nur erwähnt, dass das Absterben um so langsamer erfolgt, je unreiner das Wasser ist, also je mehr gelöste Stoffe es enthält. Es geht das aus den Angaben von Nicati und Rietsch, von Frankland, Hueppe u. A. hervor. Rob. Koch hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass die Cholerabacillen in stark verdünnter Bouillon nicht mehr wachsen. Bolton versetzte 10 ccm möglichst reinen destillirten Wassers mit verschiedenen Mengen von Bouillon und fand, dass Cholerabacillen sich erst bei Zusatz von ungefähr 0,25 ccm, d. h. 40 Theilen organischer Substanz auf 100000 Theile Wasser, Typhusbacillen bei einem Zusatz von circa 0,05 ccm der Bouillon, d. h. 6,7 Theilen organischer Substanz auf 100000 Theile Wasser, vermehrten. Trenkmann zeigte, dass schon ein geringer Zusatz von Schwefelnatrium und Kochsalz ein rasches Absterben der Cholerabacillen verhindert.

Aus den angeführten Ermittelungen darf man den Schluss ziehen, dass für einige Organismen, welche in den natürlichen Wässern häufig gefunden werden, schon

ein Minimum von organischer Substanz und von Salzen unter sonst günstigen Bedingungen, z. B. genügend hoher Temperatur, zur erheblichen Vermehrung ausreicht, dass aber für andere Bakterien, unter diesen die des Typhus und der Cholera, ein relativ hoher Betrag guten Nährmaterials erforderlich ist, wenn ein ausgiebiges Wachsthum eintreten soll.

Anknüpfend an die Ernährungsverhältnisse der Mikroorganismen mögen einige wenige Bemerkungen über einzelne der wichtigsten Veränderungen gestattet sein, welche manche Bestandtheile des Wassers und des Bodens unter der Einwirkung von Spaltpilzen erleiden.

Früher glaubte man, dass die Mineralisirung der organischen Substanzen ausschliesslich auf directer Einwirkung des Luftsauerstoffs beruhe. Durch die Untersuchungen einer Reihe von Forschern ist indessen festgestellt, dass die Zerlegung vieler organischer Substanzen unter Mitwirkung von Mikroorganismen stattfindet. Auch die Oxydation des Ammoniaks und der salpetrigen Säure im Boden und Wasser, sowie andererseits die Reduction der Salpetersäure sind den Bakterien zuzuschreiben.

Zuerst sprach Alex Müller[1]) die Vermuthung aus, dass Ammoniak durch organisirte Fermente in Salpetersäure übergeführt würde, und machte mehrere darauf bezügliche Experimente; dann wiesen Schlösing und Müntz[2]) nach, dass durch Einleiten von Chloroformdämpfen in eine Erdprobe die Nitrification, welche in derselben stattfand, aufgehoben wurde. Dieselbe Erscheinung trat ein, als sie die Erde längere Zeit auf 100° C. erhitzten. Sobald sie aber dieser Erde eine an Mikroorganismen reiche Flüssigkeit zusetzten, begann die Bildung der Salpetersäure von Neuem.

Zu ähnlichen Resultaten bei nicht wesentlich verschiedener Versuchsanordnung gelangten Warrington[3]) und Soyka[4]).

Emich[5]) schüttelte Schmutzwasser 14 Tage lang täglich sechs Stunden mit Luft, ohne dass dadurch die Oxydation beschleunigt wurde. Kochte er das Wasser, so hörte jede Oxydation auf. Nach Zusatz einer geringen Menge stark verunreinigten Wassers trat dieselbe wieder ein. Einleitung von Ozon erwies sich als einflusslos auf die Verminderung der in dem Wasser vorhandenen organischen Substanzen.

[1]) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Bd. 16 und 20.
[2]) Compt. rend., Tom. 77, 80, 84, 86, 89.
[3]) Journ. of chem. Society 1878, 1879.
[4]) Zeitschrift für Biologie 14.
[5]) Zur Selbstreinigung natürlicher Wässer. Monatsh. f. Chemie, 1885, 6.

Aehnliche Versuche stellte Moser[1]) an. Er sterilisirte Wasser durch Zusatz von Sublimat und leitete durch die eine Probe Luft, durch die andere nicht; in gleicher Weise behandelte er nicht sterilisirte Proben. Immer erwies sich die Lüftung als irrelevant, aber ebenso regelmässig zeigten die nicht sterilisirten Proben eine anfänglich starke Abnahme der Oxydationsfähigkeit.

In schlagender Weise bewies auch Uffelmann[2]), dass die Oxydation des Ammoniaks unter Einwirkung von Spaltpilzen stattfindet und dass die Luft als solche bei diesen Vorgängen gar nicht oder doch nur unwesentlich betheiligt ist.

Salkowski[3]) fügte einem Canalwasser Chloroform hinzu, es stellte sich heraus, dass die Zerlegung der organischen Substanzen sistirt wurde. Als er einen Theil des Wassers mit Nährgelatine mischte, kamen Bakterien, welche vor dem Chloroformzusatz sehr zahlreich in dem Wasser vorhanden gewesen waren, nicht mehr zur Entwickelung. Das Chloroform hatte sie zum Absterben gebracht und damit zugleich die weitere Zersetzung verhindert.

Adametz[4]) gelang es, drei Bakterien und einen Kokkus zu isoliren, welche Salpetersäurebildung bewirken.

Den aus den obigen Versuchen sich ergebenden Ansichten entgegen steht die Auffassung von A. Frank[5]), welcher darzulegen sucht, dass nicht die Mikroorganismen, sondern der Boden als solcher die Nitrification bewirke. Landolt[6]) widerspricht dem und zeigt, dass Nitrite und Nitrate nur bei Anwesenheit von Mikroorganismen entstehen.

Gegen einen Theil der erwähnten Arbeiten und den aus ihnen gezogenen Schlussfolgerungen liessen sich gegründete Bedenken erheben. Allen Zweifeln über die Existenz nitrificirender Organismen ist indessen durch die classischen Arbeiten Winogradsky's[7]) ein Ende gemacht. Dieser Autor zeigte, dass ein bestimmtes, nur auf anorganischen Substanzen züchtbares Mikrobion, Nitrosomonas genannt, die Umwandlung des Ammoniaks in sal-

---

[1]) Ueber die organischen Substanzen des Mainwassers bei Würzburg. Ein Beitrag zur Frage der Flussverunreinigung. Würzburg 1887.

[2]) Oxydation des Ammoniaks in Wasser und Boden. Arch. f. Hygiene 4.

[3]) Ueber Oxydationsvorgänge im Wasser und die Beschaffenheit der Abwässer der Rieselfelder. Deutsche Med. Zeitung 1887, Nr. 1 und 2.

[4]) Untersuchungen über die niederen Pilze der Ackerkrume. Leipzig 1886.

[5]) u. [6]) Ueber die Mikroorganismen des Erdbodens und über die chemischen Umsetzungen im Boden unter dem Einflusse kleiner Organismen. Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Berlin 1886.

[7]) Ann. de l'inst. Pasteur, 1890 u. 1891 u. Arch. d. sciences biologiques publ. p. l'inst. imp. de méd. expér. à St. Pétersbourg, Tom. I, p. 127.

petrige Säure bewirkt, und dass ein anderes ähnliches Bacterium Nitrobacter die Nitrite in Nitrate verwandelt.

Andererseits hat man auch Bakterien gefunden, welche unter gewissen Umständen die Salpetersäure zu zerlegen vermögen; so kann nach den Untersuchungen von Gayon und Dupetit[1]) durch *Bact. denitrificans* α und β der Sauerstoff des Salpeters, sofern Luftsauerstoff nicht zur Verfügung steht, auf die organischen Substanzen übertragen werden.

Heraeus[2]) wies nach, dass einige Bakterienarten eine oxydirende, andere eine reducirende Wirkung ausüben; er fand ferner, dass bei Anwesenheit von viel organischer Substanz zuerst eine Reduction der Salpetersäure zu salpetriger Säure stattfand. Wenn aber nach einiger Zeit andere Bakterienarten die Oberhand gewonnen hatten, wurde die gebildete salpetrige Säure wiederum zu Salpetersäure oxydirt.

Wollny[3]) untersuchte, inwieweit die Kohlensäurebildung bei der Verwesung der organischen Bestandtheile des Bodens durch Mikroorganismen bedingt wird, und fand, dass 96 bis 99 Proc. der gesammten Kohlensäureproduction verschwand, wenn er Bodenproben entweder durch Erhitzen oder durch Hinzufügen von Sublimatlösung sterilisirte. Es steht mithin auch dieser Vorgang mit der Lebensthätigkeit niederer Organismen im Zusammenhang.

Nach Prazmowsky vermag *Vibrio rugula* und *Bac. amylobacter* die Cellulose anzugreifen und zu zerlegen.

Cohn[4]) wies nach, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit der Buttersäurebacillus in den Abflusswässern der Zuckerfabriken die stickstofffreien organischen Verbindungen zerlegt.

Wir haben absichtlich nur einen sehr geringen Theil der hierher gehörigen Arbeiten erwähnt; die angeführten dürften jedoch genügen, um darzuthun, dass den Mikroorganismen eine grosse Rolle bei der Zerlegung complicirter Verbindungen zukommt und dass sie einen nicht unwesentlichen Antheil an den Vorgängen haben, welche man mit Selbstreinigung des Bodens und des Wassers bezeichnet.

---

[1]) Recherches sur la réduction des nitrates par les infinement Petits. Nancy 1886.

[2]) Heraeus: Ueber das Verhalten der Bakterien im Brunnenwasser, sowie über reducirende und oxydirende Eigenschaften der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, I.

[3]) Untersuchungen über die Zersetzung der organischen Substanzen. Journal f. Landwirthschaft **34**, 1886.

[4]) Die Ergebnisse der amtlichen Verhandlungen über die Reinigung der Abflusswässer aus Rohzuckerfabriken **2**, 1884/85.

B. Die Anzahl der in verschiedenen Wässern gefundenen Bakterien und Gehalt dieser Wässer an Nährsubstanzen.

Einige Zahlenreihen mögen darlegen, wie sich der Gehalt verschiedener Wässer an den gewöhnlich darin vorkommenden Substanzen zu der Anzahl der Mikroorganismen stellt. Die Neuheit der ganzen Doctrin und die Zerstreuung des Materials in der Literatur veranlasst diese Zusammenstellung. Der Leser möge sich dann aus dem Gegebenen selbst sein Urtheil bilden.

I.

Bakteriol. und chem. Analyse einiger mit der Berliner Rieselanlage in Zusammenhang stehender Wässer[1]).

Entnahmestelle Zeit der Untersuchung: Januar 1883.	Entwickelungsfähige Keime im Cubikcent.	Theile in 100000 Theilen				
		z. Oxydation erforderl. Kaliumpermang.	Ammoniak	Chlor	Salpetersäure	salpetrige Säure
Spüljauche aus dem Druckrohr in Falkenberg . . .	38 000 000	22,12	8,44	23,43	0,25	0
Nördlicher Sielgraben . .	87 000	4,46	1,60	18,46	2,12	0,15
Südlicher Sielgraben, dicht über der Mündung desselben in die Wuhle . .	409 000	4,28	1,80	18,46	1,30	0,02
Wuhle, nach Einmündung des Sielgrabens	55 000	5,69	1,44	14,91	0,47	0
Grenzgraben bei Austritt aus dem Rieselterrain .	210 000	3,99	1,42	14,20	0,33	0,07
Grenzgraben an der Mündung in den Rummelsburger See	80 000	2,68	0,56	6,39	0,08	0
Rummelsburger See, 40 Schritt unterhalb der Münd. des Grenzgrabens	32 000	2,72	0,028	2,13	0	0
Rummelsburger See bei den Eiswerken	43 000	3,44	0,010	2,13	0	0
Spree, oberhalb Köpenicks	82 000	2,77	0,011	2,13	0	0
Spree, 200 Schritt oberhalb der Wuhlemündung . .	115 000	2,59	0,008	2,13	0	0
Wuhle, 200 Schritt oberhalb ihrer Mündung . .	52 000	2,59	1,04	9,33	0	0
Spree, 200 Schritt unterhalb der Wuhlemündung . .	118 000	2,62	0,018	2,13	0	0
Stralauer Wasserwerke vor der Filtration . .	125 000	2,68	0,011	2,13	0	0
Stralauer Wasserwerke nach der Filtration .	120	2,50	0,004	1,99	0	0

[1]) Bericht d. Deputation f. d. Verwaltung d. Canalisationswerke 1./4. 1882 bis 31./3. 1883. Berlin. Berichterstatter Geheimr. R. Koch und Prof. Tiemann.

II.

Die innerhalb eines Jahres im unfiltrirten Wasser des Stralauer und Tegeler Werkes, sowie im filtrirten Leitungswasser vorhandenen Mikroorganismen, der Chlorgehalt und die Mengen von Kaliumpermanganat, welche zur Oxydation der organischen Substanz in 100 ccm Wasser erforderlich waren[1]).

Zeit der Untersuchung	Stralau			Tegel			Leitungswasser des Hauses Wilhelmstr. 75		
	Mikroorganismen im Cubikcent.	Milligramme Kaliumpermanganat	Chlor	Mikroorganismen im Cubikcent.	Milligramme Kaliumpermanganat	Chlor	Mikroorganismen im Cubikcent.	Milligramme Kaliumpermanganat	Chlor
1888									
3. April .	9 400	2,27	1,775	620	1,83	1,59	18	1,64	1,77
16. „ .	5 600	3,19	1,33	420	2,11	1,59	46	1,67	1,42
1. Mai . .	1 400	3,06	1,775	88	2,14	1,59	66	1,67	1,59
15. „ . .	5 400	2,89	1,775	72	1,41	1,59	25	1,19	1,59
1. Juni . .	110 000	2,85	2,130	48	1,46	1,77	22	1,49	1,77
15. „ . .	14 000	2,98	2,307	77	1,79	1,59	48	1,46	1,77
1. Juli . .	10 200	2,13	2,307	13	1,58	1,77	65	1,16	1,59
16. „ . .	89	2,22	2,574	42	1,53	1,42	25	1,20	1,51
1. August .	1 632	3,15	2,791	23	2,14	1,57	43	1,77	1,59
15. „ .	2 800	2,76	2,928	38	2,08	1,42	56	1,56	1,59
4. Septbr. .	10 400	2,93	2,928	52	1,89	1,49	131	1,53	1,49
15. „ .	14 500	2,59	3,195	48	1,77	1,42	48	1,27	1,41
1. October	8 400	2,32	3,195	14	1,63	1 59	12	1,39	1,59
15. „	290	2,31	3,017	16	1,63	1,42	16	1,38	1,42
1. Nov. . .	144 000	2,86	3,017	14	1,79	1,42	6	1,49	1,42
15. „ . .	12 870	2,73	2,662	28	1,79	1,59	92	1,49	1,59
1. Decbr. .	220	2,92	2,662	25	1,79	1,59	12	1,53	1,42
15. „ .	3 600	2,33	2,307	52	1,81	1,59	15	1,56	1,59
1889									
2. Januar .	18 500	1,98	2,041	56	1,70	1,50	21	1,53	1,59
16. „ .	14 000	2,03	2,307	19	1,63	1,77	8	1,28	1,77
1. Februar	12 500	2,10	2,485	160	1,58	1,42	7	1,17	1,59
15. „	128 000	2,15	2,662	72	1,35	1,10	123	1,61	1,77
1. März . .	190 000	2,10	2,488	68	1,24	0,88	110	1,19	1,77
15. „ . .	105 000	2,10	2,130	4500	1,31	1,24	69	1,54	1,77

[1]) Proskauer, Zeitschrift für Hygiene 9, 103.

III.

Bakteriologische und chemische Analyse des Spreewassers von der Oberbaumbrücke (Eintritt der Spree in Berlin) bis Sacrow (Potsdam[1]).

17. Untersuchung 17. November 1886.

Witterung: Tagesmittel 6,8°. Vorhergehende Tage Regen.
Spreewasserstand Oberbaumbrücke 2,35 m. Dammmühlen: Oberwasser 2,30 m, Unterwasser 0,80 m.

Nummer	Entnahmestelle	Rückstand	Kalk	Ammoniak	Oxydirbarkeit ($KMnO_4$)	Chlor	Anzahl der aus 1 ccm Wasser in Gelatine entwickelten Keime
		Milligramme in 100 ccm Wasser					
1	Oberbaumbrücke . .	17,0	8,37	0,025	1,64	2,59	8 100
2	Janowitzbrücke . . .	16,5	—	0,025	1,49	2,48	7 800
3	Friedrichsbrücke . .	18,0	5,00	0,025	1,58	2,41	15 300
4	Ebertsbrücke	18,5	4,44	0,025	1,58	2,48	8 400
5	Marschallbrücke . .	18,0	5,85	0,02	1,69	2,48	6 100
6	Moltkebrücke	19,5	6,27	0,025	1,49	2,48	5 800
7	Moabiterbrücke . . .	22,0	—	0,025	1,66	2,30	41 400
8	Hafenplatz	17,0	5,95	0,10	2,01	2,59	198 000
9	Lichtensteinbrücke .	18,0	—	0,05	1,58	2,59	35 100
10	Ruhlebener Schleuse .	20,0	6,27	0,075	1,78	2,77	252 000
11	Spandau	20,0	5,00	0,075	1,95	2,77	167 200
12	Pichelsdorf	20,0	5,00	0,075	1,64	2,77	90 200
13	Gatow	23,0	6,27	0,075	1,64	2,93	9 000
14	Cladow	21,5	5,85	0,025	1,64	2,93	6 300
15	Sacrow	19,5	6,69	0,025	1,52	2,93	3 900

20. Untersuchung 5. Januar 1887.

Witterung: Tagesmittel — 3,4°.
Spreewasserstand: Oberbaumbrücke 2,22 m. Dammmühlen: Oberwasser 2,20 m, Unterwasser 0,84 m.

1	Oberbaumbrücke . .	19,0	5,87	0,03	1,61	2,57	2 000
2	Janowitzbrücke . . .	18,5	6,59	0,025	1,64	2,30	9 800
3	Friedrichsbrücke . .	18,0	6,24	0,03	1,76	2,39	9 200
4	Ebertsbrücke	19,0	8,75	0,03	1,69	2,30	14 300
5	Marschallbrücke . . .	19,5	5,15	0,05	1,61	2,30	6 500
6	Moltkebrücke	20,0	5,51	0,05	1,79	2,30	8 600
7	Moabiterbrücke . . .	20,5	5,87	0,05	1,91	2,30	12 800
8	Hafenplatz	21,0	5,87	0,075	1,81	2,57	63 000
9	Lichtensteinbrücke .	18,5	6,59	0,10	1,76	2,39	38 800
10	Ruhlebener Schleuse .	22,0	—	0,075	1,69	2,57	32 600
11	Spandau	16,0	5,15	0,075	1,85	2,57	33 700
12	Pichelsdorf	21,0	6,95	0,05	1,64	2,30	30 700
13	Gatow	21,0	6,24	0,075	1,61	2,57	12 200
14	Cladow	21,0	6,59	0,075	1,44	2,39	10 600
15	Sacrow	21,5	5,87	0,05	1,76	2,64	6 600

[1]) Dr. Georg Frank. Die Veränderungen des Spreewassers innerhalb und unterhalb Berlins in bakteriologischer und chemischer Hinsicht. Zeitschrift für Hygiene 3, 381 und 387.

IV.

Bakteriengehalt und chemische Analyse von Brunnenwässern in Belgard. Zeit der Untersuchung: die Sommermonate[1]).

		Milligramme in 100 ccm					1883		1886	
		Ammoniak	Chlor	Salpetersäure	salpetrige Säure	Abdampfrückstand	Kaliumpermanganatverbrauch	Keimzahl im Cubikcentimeter	Kaliumpermanganatverbrauch	Keimzahl im Cubikcentimeter
Leitungswasser aus Leitznitz und Strille	I.	0	Spur	Spur	Spur	50	1,76	3 300	1,6	1 600
	II.	0	„	„	„	50	1,76	2 800	1,6	2 000
	III.	0	„	0	„	125	1,00	1 000	1,2	2 400
	IV.	0	„	0	„	100	1,60	1 500	1,4	27 000
	V.	0,05	„	0	0,025	100	1,60	3 800	1,6	26 000
Leitznitzwasser		0	„	Spur	Spur	50	1,60	24 000	—	—
Schlecht verschlossene Brunnenkessel von fünf Tiefbrunnen	I.	0	3,50	0,05	0,012	50	1,60	13 200	1,6	5 000
	II.	0	3,50	0,011	0,05	55	1,09	40 000	2,0	6 000
	III.	0,20	4,00	m. a. 0,40	m. a. 0,40	76	1,20	74 800	1,0	200 000 800 000
	IV.	m. a.[2]) 0,20	4,0	m. a. 0,40	m. a. 0,40	78	1,32	75 000	3,0	3 080 67 000
	V.	0	0,50	Spur	Spur	48	0,76	5 700	—	—
Flachbrunnen	I.	0,30	3,50	0,05	0,012	185	3,80	4 500	3,6	67 000
	II.	0,05	4,00	0,05	0,025	140	1,20	4 500	1,6	22 000
	III.	0,20	3,50	0	0,025	155	1,50	5 000	2,4	16 000
	IV.	1,00	4,00	0,025	0,025	225	3,68	9 000	3,6	9 600
	V.	1,00	4,00	0,50	0,50	170	3,64	9 300	3,8	1 800
	VI.	0,20	3,00	0,10	0,05	100	3,00	10 000	3,4	80 000
	VII.	m. a. 0,20	4,00	Spur	Spur	75	1,20	12 000	2,4	8 000
	VIII.	0,10	0,50	0,05	0,012	125	1,90	15 000	3,0	2 000
	IX.	0,20	3,00	0,15	0,10	225	3,00	18 000	3,0	5 000
	X.	0,40	3,50	Spur	Spur	150	4,00	23 000	4,0	32 000
	XI.	0,20	4,00	„	m. a. 0,40	226	4,55	23 000	5,0	140 000
	XII.	0,20	3,5	0,10	Spur	160	3,00	30 000	3,6	3 000
	XIII.	m. a. 0,20	4,00	m. a. 0,40	„	500	2,60	35 000	3,0	5 000
	XIV.	0	3,00	0,05	0,075	155	1,80	35 000	1,8	50 000
	XV.	Spur	0,50	Spur	Spur	100	2,56	7 800	—	—
	XVI.	m. a. 0,20	4,0	m. a. 0,40	m. a. 0,40	80	1,20	130 000	—	—

[1]) Emanuel Roth, Bakteriologische Trinkwasser-Untersuchungen. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medicin 1885, 43. Bd., 2. H. u. 1887, 47. Bd., 1. H.

[2]) m. a. = mehr als.

V.

Keimzahl, Kochsalz- und Salpetersäuregehalt von 119 Brunnen des Kreises Höchst a. M.

Zeit der Untersuchung: die Wintermonate [1]).

Gehalt an:	Milligramme in 100 ccm	Zahl der Brunnen	Keimzahl pro Cubikcentim.	Gehalt an:	Milligramme in 100 ccm	Zahl der Brunnen	Keimzahl pro Cubikcentim.
Kochsalz	0,1—10	98	216	Salpetersäure	0,1—10	99	214
„	10—20	17	216	„	10—20	16	224
„	20—30	4	145	„	20—30	4	145

Die zur Oxydation der organischen Substanzen erforderliche Menge von Kaliumpermanganat betrug nur viermal mehr als 1 mg auf 100 ccm Wasser.

VI.

De Blécourt [2]) untersuchte im März, April und Juni 1885 83 verschiedene Brunnen Groningens.

Brunnenzahl	Verbrauchte Milligramme Kaliumpermanganat pro 100 ccm	Durchschnittliche Keimzahl im Cubikcentimeter	Maximum im Cubikcentimeter	Minimum im Cubikcentimeter
4	zwischen 6,8 und 6,0 mg	60	193	7
5	„ 6,0 „ 5,0 „	898	2547	62
8	„ 5,0 „ 4,0 „	902	1567	16
20	„ 4,0 „ 3,0 „	1307	6790	55
28	„ 3,0 „ 2,0 „	1470	4285	21
17	„ 2,0 „ 1,0 „	975	3475	80
1	0,98 „	338	—	—

Ueber den Befund an Ammoniak, Chlor, salpetriger Säure und Salpetersäure finden sich nur allgemeine Angaben: Spur, schwach, deutlich, stark.

---

[1]) Grandhomme, Der Kreis Höchst a. M. in gesundheitlicher und gesundheitspolizeilicher Beziehung.

[2]) De Blécourt, Quantitatif bacteriologische onderzoekingen over het Groninger grond-en leidingswater. Groningen 1885.

VII.

Fischer fand in Kiel folgende Verhältnisse:

Zahl der Brunnen	Verbrauchte Milligramme Kaliumpermanganat pro 100 ccm	Durchschnittliche Keimzahl im Cubikcentimeter
9	unter 0,5	290
4 bezw.	0,5 — 1,0	820 bezw.
5*	„ „	12 700
10	1,0 — 2,0	5 100
5 bezw.	2,0 — 3,0	5 900
6*	„ „	25 000
4	3,0 — 5,0	2 340
3	5,0 — 7,4	630

* Die höheren Zahlen im Bakterienbefund sind durch je einen stark bakterienhaltigen Brunnen bedingt.

VIII.

Keimzahl und chemische Analyse einiger Wässer der Stadt Rudolstadt. Zeit der Untersuchung: Juli 1885 und September 1887[1]).

Entnahmestelle	Temperatur	Keimzahl im Cubikcentimeter	Milligramme in 100 ccm				
			Kaliumpermanganatverbrauch	Trockenrückstand	Chlor	Salpetersäure	Kalk
Neue Wasserversorgung. Grundwasser der „Grossen Wiese"	10,6	15	0	17,0	0,85	0	5,5
Cumbachquelle (Röhrenbrunnen)	11,5	25	0	24,5	1,10	0	8,8
Schaalaquelle (Quelle mit gemauerter Kammer) . .	10,4	43	0	50,2	1,30	0	16,9
Saale (5 m vom Ufer, 10 cm unter der Oberfläche) . .	22,9	890	2,23	15,4	1,00	0	3,5
ö. Pumpbrunnen als „gut" angegeben, Saalgasse . .	13,2	47 000 / 54 000	0,58	108,3	13,10	12,4	29,6
ö. Pumpbrunnen Gymnasium	10,0	86	0,3	164,7	23,4	18,3	34,1
ö. Pumpbrunnen Debrastrasse	9,6	32	0,67	165,0	20,6	12,2	36,9
ö. Pumpbrunnen Untere Mühle	9,6	782	0,05	50,5	3,2	2,2	17,9

Ammoniak fehlte bis auf eine Spur in der Saale und im Brunnen der Saalgasse.

[1]) Aus den Acten des Kaiserlichen Gesundheitsamtes und des hygienischen Instituts zu Jena.

IX.

Link[1]) untersuchte 47 Brunnen Stettins und erhielt folgende Resultate:

Brunnenzahl	Verbrauchte Milligramme Kaliumpermanganat pro 100 ccm	Durchschnittliche Keimzahl im Cubikcentimeter	Maximum im Cubikcentimeter	Minimum im Cubikcentimeter
1 (3 Beobachtungen)	9,32	18 000	27 400	600
3	zwischen 4,0 und 3,0	1 270	3 240	12
2	„ 3,0 „ 2,0	1 920	1 970	1890
5	„ 2,0 „ 1,0	717	2 070	53
36	unter 1,0	1 036	10 800	24

X.

Keimzahl und chemische Analyse einiger Brunnen Kiels[2]).

Laufende Nr.	Trockenrückstand	Oxydirbarkeit	Ammoniak	Salpetersäure	Chlor	Gesammthärte, Deutsche Härtegrade	Keimgehalt
9	38,75	0,80	0,05	0	2,30	14,3	133
15	—	0,15	Spur	0,84	4,10	19,0	40
20	41,7	0,47	0	3,44	2,73	9,7	1 036
21	66,85	2,062	1,60	0	9,25	21,3	11 000
43	99,5	1,88	0,11	—	—	—	—
23	81,00	2,96	1,25	0	7,57	28,9	120 000
24	84,65	7,44	0,03	0,72	7,90	28,7	880
25	65,33	0,582	0,03	4,73	4,73	21,7	360 000
27	103,0	6,13	0,01	16,88	8,59	26,7	250
36	—	3,529	0,40	21,49	80,96	44,0	7 000
37	—	2,495	0,025	88,78	24,56	62,9	6 400
39	204,25	5,57	0,10	19,92	30,80	38,2	840
40	247,50	3,24	0,01	43,48	22,90	75,5	148

[1]) Beiträge zur bakterioskopischen Wasseruntersuchung. Archiv der Pharmacie 24, Heft 4, 1886.

[2]) Bernh. Fischer, Ueber das Grundwasser in Kiel etc. Zeitschrift für Hygiene und Infection 13, 251.

Nach den im vorigen Abschnitt erläuterten Erfahrungen, welche über die Entwickelung und Vermehrung der Bakterien und ihr geringes Nahrungsbedürfniss vorliegen, war es von vornherein unwahrscheinlich, dass ein genaues Zusammengehen der Anzahl der in den natürlichen Wässern vorkommenden Mikroorganismen mit dem Gehalt der Wässer an gelösten Stoffen bestehen würde.

Die in den obigen Tabellen mitgetheilten Zahlen bestätigen diese Voraussetzung.

Als zuerst die bakteriologische Forschung sich mit der Wasseruntersuchung beschäftigte, war die allgemeine Ansicht, dass die Zahl der Mikroorganismen zu den chemischen Eigenschaften des Wassers in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnisse stehe, dass hohe Keimzahl mit hohem chemischen Gehalt und niedrige Keimzahl mit geringem Gehalt an gelösten Stoffen zusammenfalle. Spätere Untersuchungen ergaben jedoch die Unrichtigkeit dieser Annahme, und Bolton konnte auf Grund seiner des Oefteren erwähnten Versuche die gegentheilige Behauptung aufstellen: „die chemische Beschaffenheit des Wassers kommt für die Zahl der Bakterien nicht in Betracht“.

Zur Zeit neigen die meisten Forscher der Ansicht Bolton's zu, und die Meinung ist weit verbreitet, dass die Zahl der Mikroorganismen über die chemische Beschaffenheit nichts aussagt, dass beide in gar keinem Zusammenhange mit einander stehen.

Ob diese Anschauung die richtige ist, kann man in zweifacher Weise festzustellen suchen, durch Prüfung der in diesem Capitel enthaltenen Zahlenreihen und durch Erwägungen, welche sich an die im vorigen Abschnitt dargelegten Untersuchungen knüpfen.

Bezüglich ihres Nahrungsbedürfnisses lassen sich die Bakterien in zwei grosse Gruppen theilen, von denen die eine diejenigen Organismen umfasst, welche sehr geringe, die andere diejenigen, welche grosse Ansprüche an ihr Nährmaterial stellen. Finden sich nur Bakterien der ersten Gattung in einem Wasser, so wird unabhängig von der chemischen Beschaffenheit — unter sonst günstigen Verhältnissen — eine Vermehrung eintreten, also nach einiger Zeit eine hohe Keimzahl resultiren. Gelangen beide Gattungen in ein Wasser, was gewöhnlich der Fall sein dürfte, so überwiegt im Kampfe um das Dasein die anspruchslosere; das Resultat ist somit dasselbe, wie im ersteren Falle. Es kann sich dabei ereignen, dass im Anfange die anspruchslosen Mikroben, die „Wasserbakterien“, durch die übrigen Mikroorganismen zurückgehalten werden; wenn aber diese in dem schlechten Nährmedium

anfangen zu kränkeln, so drängen sich die genügsamen Wasserbakterien rasch in den Vordergrund.

In den beiden soeben erörterten Fällen ist die Beschaffenheit des Wassers irrelevant. Das beste, reinste Wasser ist für die dominirende Art ein genügendes Nährmaterial; man kann daher aus der Zahl der Organismen keine Schlüsse auf die Menge des vorhandenen Nährmaterials ziehen. Ob die Zahl eine hohe oder niedrige ist, hängt von anderen Einflüssen ab.

Gelangen nur anspruchsvolle Arten in ein Wasser, so ist die chemische Beschaffenheit des letzteren entscheidend. Je mehr und je verschiedenartigere Nährstoffe in einem Wasser vorhanden sind, um so mehr Arten von Organismen und um so mehr Einzelwesen werden sich darin entwickeln können. Die Entwickelung der Mikroben ist in diesem Falle nicht, wie die Vermehrung der eigentlichen Wasserbakterien, unbegrenzt, sie hört vielmehr mit dem Verbrauch des guten Nährmaterials auf.

Scharfe Grenzen zwischen den beiden besprochenen Gruppen von Mikroorganismen lassen sich indessen nicht ziehen; es existiren unzählige Uebergänge, und thatsächlich dürfte es nicht viele Wässer geben, welche nicht mindestens einer darin vorhandenen Bakterienart zusagendes Material zu ausgiebiger Vermehrung bieten. Dazu kommt noch, dass, wie bereits erwähnt, die Temperatur bei der Vermehrung eine bedeutende Rolle spielt. Es giebt z. B. viele Arten von Bakterien, welche in einem relativ schlechten Nährboden sich bei 20° gut vermehren, bei 10° jedoch nicht; bringt man diese Bakterien bei 10° in bessere Nährsubstrate, so gedeihen sie gleichfalls gut. Von zwei sonst gleichen Wässern wird also das höher temperirte eine grössere Bakterienzahl enthalten, als das kühlere Wasser.

Aus den verschiedenen Erläuterungen ergiebt sich, dass die chemische Eigenart der Wässer auf die Artenzahl der Mikroorganismen von Einfluss, auf die Zahl der Individuen jedoch ohne Belang sein wird, sofern die Möglichkeit gegeben ist, dass Mikroorganismen leicht in das betreffende Wasser gelangen, weil dann bestimmt anspruchslose, sich stark vermehrende Wasserbakterien bald eindringen werden.

Sind die Wässer vor dem Eindringen von Keimen gut geschützt, so werden sie um so weniger Bakterien enthalten, je reiner sie sind, vorausgesetzt, dass nicht

sehr anspruchslose Wasserbewohner sich unter den ersten Eindringlingen befunden haben.

Wie stellt sich nun die Beobachtung zu den vorstehenden Deductionen?

Bei der Beantwortung dieser Frage stossen wir auf Schwierigkeiten; denn die Mengen der Bakterien pro Cubikcentimeter, welche in den Tabellen verzeichnet sind, stellen die Resultanten dar aus verschiedenen Bedingungen. In der verzeichneten Mikroorganismenzahl liegt nicht allein der Ausdruck für den Einfluss der chemischen Zusammensetzung, sondern es liegt darin der Ausdruck für die Summe aller Factoren, welche auf die Einführung und Erhaltung der Bakterien einwirken.

Bei einem Canalwasser, bei einem Fluss- und Seewasser ist die Bedeutung der chemischen Beschaffenheit verschwindend gering gegenüber dem unberechenbaren und grossen Einfluss, welchen allerlei Zufälligkeiten, z. B. die Zuströmung von bakterienhaltigem Schmutzwasser, von Oberflächenwasser u. s. w., auf Art und Zahl der Bakterien ausüben. Der Bakteriengehalt der Quellen ist vor Allem von der mehr oder minder grossen Wirkung der Bodenfiltration abhängig.

Die See-, Fluss- und Quellwässer sind daher von vornherein von der Besprechung auszuscheiden.

Somit bleiben einzig die Brunnen zur Lösung der Frage, und es ist zu entscheiden, ob diese für den gedachten Zweck geeignet sind.

Die aufgeführten Kesselbrunnen sind, mit vielleicht wenigen Ausnahmen, als gegen gröbere Verunreinigungen genügend geschützt anzusehen; die Temperatur ihrer Wässer schwankt nur innerhalb geringer Grenzen und die meisten Brunnen werden stetig benutzt, so dass ein mässiger Wasserwechsel darin stattfindet. Die Factoren, auf welche es bezüglich der Menge der in einem Wasser enthaltenen Bakterien hauptsächlich ankommt, sind somit im grossen Ganzen als gleichartig anzusehen und nicht so wechselnd, dass nicht eine Vergleichung mit Rücksicht auf den chemischen Befund Aussicht auf Erfolg bietet. Am meisten dürfte noch die Benutzung der Brunnen differiren, welche aber bei Vergleichung von Brunnengruppen ausgeglichen wird.

Für die Entscheidung der vorliegenden Frage würde die bakteriologische Bestimmung nach völligem Auspumpen der Brunnen absolut unbrauchbar gewesen sein, weil unter diesen Umständen die filtrirende Wirkung des Bodens und nicht die Einwirkung der chemischen Beschaffenheit des Wassers zur Anschauung ge-

kommen wäre. Besser wäre es gewesen, wenn sämmtliche Brunnen vor der Untersuchung eine bestimmte, gleich lange Zeit nicht benutzt worden wären, eine Bedingung, die allerdings schwer zu erfüllen sein dürfte.

Von den anorganischen Stoffen interessiren in erster Linie die Calcium- und Magnesiumsalze; leider finden sich darüber nur bei wenigen Autoren Angaben; etwas mehr Rücksicht ist auf die Trockensubstanz genommen. Da diese zum grössten Theil aus anorganischen Stoffen besteht, so kann sie um so mehr mit herangezogen werden, als es sich hier nur um annähernde Werthe handelt.

	Mainz.		Kiel.		Belgard.	
Milligramme Trockenrückstand in 100 ccm	Brunnenzahl	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter
0 — 50	10	61	5	1 735	4	zwischen 4500 und 130 000
50 — 100	32	261	7 bezw. 8	3 300 / 63 000	3	
100 — 150	26	250	13	3 565	5 / 3	
150 — 200	1	12				
200 — 500	1	46	4	1 935	1	

Hanau.

Brunnenzahl	Milligramme Trockenrückstand in 100 ccm	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Härtegrade	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter
8	0 — 50	206	3	0 — 10	145
16	50 — 100	273	17	10 — 20	183
4	100 — 150	213	7	20 — 30	200
1	203	140	1	40 — 50	1800
			1	50	90

Stettin.			Höchst.		
Brunnenzahl	Härtegrade	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter	Brunnenzahl	Härtegrade	Mikrobenzahl im Cubikcentimeter
1	0 — 10	536	8	0 — 10	120
30	10 — 20	1695	90	10 — 20	240
14	20 — 30	1910	21	20 — 30	228
1	30 — 40	720			
2	40 — 50	80			
1	50 — 60	93			

Auf Prof. Körber's Veranlassung sind 60 Brunnen Dorpats einer genauen chemischen und bakteriologischen Untersuchung unterzogen durch die Herren Brasche, Zimmermann und Seegrön (Dorpater Dissertationen 1893). Wenn wir die Resultate dieser an sich hoch interessanten Versuche nicht anführen, so hat das darin seinen Grund, dass die Brunnenverhältnisse Dorpats wohl kaum mit denen einer anderen Stadt in Vergleich gebracht werden können. Die Dorpater Brunnen sind zum grössten Theile nichts Anderes als Schmutzlöcher, Pfützen, denen in der krassesten Weise der Schmutz direct zugeführt wird. In der Annenhöf'schen Strasse z. B. befindet sich ein Brunnen, welcher enthält auf 100 000 Theile 401 Theile Trockenrückstand, 3,0 Ammoniak, 6,8 Salpetersäure, 140 Chlor. Er erfordert zur Oxydation der organischen Substanzen 8 Theile Kaliumpermanganat und führt im Cubikcentimeter 93 000 Bakterien.

Betrachtet man die in den Tabellen der vorhergehenden Seiten aufgeführten Einzelzahlen, so ergiebt sich, dass regelmässige Beziehungen zwischen Kalk- und Keimgehalt nicht obwalten. Bald ist eine hohe Bakterienzahl mit hohem Trockenrückstand vereint, bald findet sich eine niedrige Keimzahl bei geringer Härte, dann wieder geringe Härte mit hohem Gehalt an Bakterien u. s. f.

Betrachtet man die vorstehenden Durchschnittswerthe des Trockenrückstandes bezw. der Härte, so stellt sich heraus, dass die Grösse des Trockenrückstandes keine durchschlagende Einwirkung auf den Keimgehalt ausübt. Jedoch fällt regelmässig der niedrigste durchschnittliche Trockenrückstand mit der niedrigsten durchschnittlichen Keimzahl zusammen. Nimmt man aber die höchsten Befunde an Härte bezw. Trockensubstanz aus den sechs vorstehenden Tabellen, so ergiebt sich eine Durchschnittszahl für die Bakterien, welche der Bakterienzahl der niedrigsten Gehalte an Kalksalzen bezw. Trockenrückstand sehr nahe steht und welche erheblich niedriger ist, als die Bakterienzahl für die mittleren Gehalte an festen Substanzen.

Im Einzelfalle lässt sich weder ein Schluss auf den Trockengehalt aus der Zahl der Bakterien, noch umgekehrt ziehen.

Zwei Substanzen, welchen man als Producten der regressiven Metamorphose eine grosse Bedeutung beilegt, sind das Ammoniak und die salpetrige Säure. Jedoch sind dieselben gewöhnlich in so geringen Mengen im Wasser vorhanden, dass quantitative Angaben selten gemacht werden. Aus unserem Material liegen nur für Kiel gute Angaben vor, welche die völlige Unabhängigkeit der Bakterienzahl von den beiden Körpern darlegen.

Für den Gehalt an Chloriden und an Salpetersäure lässt sich, wie sowohl die Tabellen — Mainz, Rudolstadt, Kiel — als auch die Zusammenstellung der Durchschnittswerthe zeigen, kein Einfluss auf die Bakterienzahl nachweisen.

Den organischen Substanzen hat man bei den hier in Betracht zu ziehenden Untersuchungen von jeher besondere Beachtung geschenkt, weil sie als das hauptsächlichste Nährmaterial der Spaltpilze angesprochen werden.

Beziehungen zwischen der Anzahl der Bakterien und der Menge der organischen Stoffe im Wasser aufzufinden, bietet desswegen besondere Schwierigkeiten dar, weil weder eine genaue quantitative Bestimmung ihrer Gesammtmenge ausführbar ist, noch die gefundenen Substanzen gleichwerthige Nährmaterialien für die Mikroorganismen darstellen. Man kann daher nur prüfen, ob Beziehungen zwischen den durch die organischen Stoffe des Wassers reducirten Kaliumpermanganatmengen und der Anzahl der vorhandenen Bakterien zu constatiren sind.

Wenn man bei dem Vergleich von Einzelzahlen ausgeht, so ergiebt sich absolute Unregelmässigkeit. Unvermittelt stehen hohe und niedrige, den Bakteriengehalt anzeigende Zahlen neben den gleichen Mengen von Kaliumpermanganat. So finden sich z. B. 10 800 und 24 Bakterien bei einem Kaliumpermanganatverbrauch von 0,4 mg, während bei 140 Bakterien im Cubikcentimeter Wasser das eine Mal 8,1, das zweite Mal 0,3 mg Kaliumpermanganat von den organischen Substanzen in 100 ccm Wasser reducirt werden. Fischer fand bei 7,4 Theilen erforderlichen Kaliumpermanganats auf 100 000 Theile Wasser im Cubikcentimeter 800 Bakterien und bei 0,5 Theilen auf 100 000 Theile 360 000.

Auch die Vergleichung grösserer Gruppen an demselben Orte lässt einen prägnanten Unterschied nicht erkennen. Ordnet man die Zahlen nach dem Kaliumpermanganatverbrauch in der Weise, wie dies Seite 551 für Groningen und Stettin, Seite 552 für Kiel geschehen ist, so ergiebt sich, dass die Zahl der Mikroorganismen

nicht wesentlich ansteigt, wenn pro 100 ccm Wasser 1 mg Kaliumpermanganat mehr verbraucht wird. Hanau besitzt 13 Brunnen mit einem Kaliumpermanganatverbrauch unter 1 mg auf 100 ccm Wasser und 15 von 1 mg bis 2 mg; für die ersteren Wässer beträgt die durchschnittliche Bakterienzahl 134, für die letzteren 330, ein Brunnen verbraucht 8,1 mg Kaliumpermanganat und enthält nur 140 Bakterien. Diesen Zahlen stehen die von Groningen und Kiel gegenüber, wo dem Mehr an Kaliumpermanganat ein Weniger an Bakterien entspricht, so dass sich also keine Regelmässigkeit ergiebt.

Etwas anders stellt sich das Ergebniss, wenn man die Städte unter einander vergleicht. Den durchschnittlich höchsten Gehalt an oxydirbaren Substanzen haben Belgard, Kiel und Groningen; ihre Keimzahlen sind ebenfalls die höchsten. Da Belgard auf Torf liegt, so ist nicht ausgeschlossen, dass der eine oder der andere der Humuskörper ein gutes Nährmaterial für die Mikroorganismen abgiebt.

Dann folgen der Bakterienzahl nach die Stettiner Wässer, ihre Oxydirbarkeit ist jedoch geringer, als die der Wässer Hanaus. Mainz und Höchst zeichnen sich wiederum durch ihren niedrigen Keimgehalt, Mainz im Durchschnitt mit 306, Höchst mit 214 Bakterien pro Cubikcentimeter Brunnenwasser aus. Bei Mainz ist in 64 Brunnen dreimal, bei Höchst in 119 Brunnen nur viermal die Grenze von 1 mg Kaliumpermanganat auf 100 ccm überschritten.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dass sowohl bei der Einzelbeobachtung als auch bei der Vergleichung von Gruppen an demselben Orte ein Zusammenhang zwischen der durch organische Substanzen veranlassten Oxydirbarkeit des Wassers und der Zahl der darin vorhandenen Bakterien nicht zu constatiren ist; aber diejenigen Orte, deren Wässer die stärksten Reactionen auf organische Substanzen gaben, hatten auch die meisten Bakterien aufzuweisen; diejenigen Städte und Bezirke, deren Wässer nur wenige organische Substanzen enthielten, zeichneten sich im Allgemeinen auch durch geringe Keimzahl aus. Es kommen aber von der letzten Regel Ausnahmen vor (Stettin).

Der Vergleich der experimentell ermittelten Zahlen führt somit zu dem bereits theoretisch deducirten Ergebnisse, dass ein gewisser, wenn auch nicht deutlich ausgesprochener Zusammenhang zwischen dem Gehalt der Brunnenwässer an Nährstoffen und der Zahl ihrer Bakterien besteht.

Der Zusammenhang zeigt sich darin, dass im Ganzen und Grossen an denjenigen Orten, wo die Wässer geringen

Gehalt an Salzen und organischen Substanzen besitzen, auch wenig Mikroorganismen vorhanden sind. In der Einzelbeobachtung lässt sich jedoch ein Zusammenhang zwischen chemischer Beschaffenheit und Bakteriengehalt nicht erkennen.

Um das Verhältniss der Arten zu den im Wasser vorhandenen Nährstoffen darzulegen, fehlt zur Zeit noch genügend grosses Material.

Getrennt hiervon ist die Frage zu beantworten: Nimmt durch Zufuhr von Nährmaterial die in einem Wasser bereits befindliche Bakterienzahl zu? Von vornherein muss man diese Frage bejahen. Für offene Wässer, Seen, Flüsse etc. lässt sich der Nachweis allerdings nicht beibringen, weil bei Zufuhr guten Nährmaterials, z. B. Oberflächenwasser, Sielinhalt etc. auch grosse Mengen von Bakterien zugeführt werden.

Für einen Brunnen hat Rubner[1]) den experimentellen Beweis erbracht. Er schüttete sterilisirten Fleischextract in „geringer Menge" vorsichtig in einen Brunnen hinein; kurze Zeit nach dem Einschütten hatte sich der Verbrauch an Kaliumpermanganat um etwa 1 bis 2 mg auf das Liter Wasser gehoben; in zwei von drei Versuchen fand noch ein späteres Ansteigen des Kaliumpermanganatverbrauches um weitere 1 bezw. 2 mg statt. Die Keimzahl stieg nicht sofort, sondern nach einigen Tagen von etwa 1000 auf 50 000 bis 170 000 an, hielt sich einige Tage so, verminderte sich dann etwas und blieb ungefähr fünf Wochen — die Versuche sind nicht weiter durchgeführt — auf einer die ursprüngliche Zahl erheblich überragenden Höhe.

Rubner folgert mit Recht, dass bereits eine geringfügige Verunreinigung von Brunnen eine langdauernde Veränderung der Keimzahl hervorruft.

C. Der Einfluss der Temperatur und Jahreszeit auf den Bakteriengehalt des Wassers.

Versuche, die Bakterien durch Kälte zu tödten, sind schon im Jahre 1872 von F. Cohn[2]) ohne Erfolg angestellt worden. Von den späteren Forschern auf diesem Gebiete seien Colemann

[1]) Beitrag zur Lehre von den Wasserbakterien. Archiv für Hygiene 11, 365.

[2]) Beiträge zur Biologie der Pflanzen, Bd. I.

und Mac Kendrick erwähnt[1]). Sie setzten Flaschen mit frischem Urin oder Auszügen aus Fleisch bezw. Pflanzentheilen mehrere Stunden lang einer Kälte von — 23 bis — 62° C. aus. Brachten sie danach die Proben in einen Raum von + 27° C., so trat in allen Fällen Bakterienentwickelung auf; aber je stärker die Kälte gewesen, um so später erschien die aus Mikroorganismen bestehende Trübung. Faulende Flüssigkeiten wurden 100 Stunden lang einer Temperatur von — 84° C. ausgesetzt; als die gefrorene Masse in einen Raum von + 27° C. gebracht wurde, war schon nach wenigen Stunden energische Bewegung zu beobachten. Wiederholtes Aufthauen und Gefrierenlassen war bezüglich des völligen Abtödtens der Mikroorganismen ebenfalls ohne Erfolg.

Pictet und Yung[2]) setzten Reagensgläser mit Bouillon, welche Sporen und Bacillen von Milzbrand und Rauschbrand, sowie zwei andere Arten von Bacillen, ferner zwei Arten von Kokken aus Luft und Wasser enthielten, während 109 Stunden einer Temperatur von — 70° C., dann 20 Stunden lang einer solchen von — 130° C. aus, ohne dass die Lebensfähigkeit der in den Flüssigkeiten vorhandenen Mikroorganismen aufgehoben worden wäre. Dagegen erwies sich Blut, in welchem nur Milzbrandbacillen waren, nicht mehr pathogen, und die lebensfähigen Kokken hatten an Zahl abgenommen. Fritsch hielt sporenlose und sporenhaltige Milzbrandfäden eine Stunde lang bei einer Temperatur von — 100° und $^1/_4$ Stunde lang bei — 111°, ohne dass Form und Wachsthum verändert worden wären. Bei dem mit diesem Material angeblich erzeugten Milzbrand konnte jedoch Fritsch die Milzbrandbacillen im Blute nicht nachweisen[3]). Dass die Cholerabacillen nach Versuchen von Koch bei — 10° entwickelungsfähig bleiben, ist bekannt.

Seitz[4]) hielt Typhusbacillen drei Wochen lang bei einer Temperatur von + 3° und konnte ein fortgesetztes langsames Wachsthum constatiren.

Alle diese Versuche beweisen indessen nur, dass nicht alle der Kälte ausgesetzten Mikroorganismen absterben, nicht aber, dass nicht eine Anzahl der abgekühlten Individuen zu Grunde geht. In einzelnen der erwähnten Experimente deutet sogar die Ver-

---

[1]) Chemical News 1885, Nr. 1341. The mechanical production of cold and the effects of cold upon microphytes.

[2]) Comptes rendus, Tome 98.

[3]) Citirt aus: Wilhelm Koch, Milzbrand und Rauschbrand.

[4]) loc. cit. p. 35.

zögerung des Eintrittes der Trübung auf eine Verminderung der Zahl durch die Kälte hin.

Genauere Angaben über die Kältewirkung wurden von Carl Fränkel[1]) gemacht. Derselbe liess Wasser, dessen Keimgehalt er festgestellt hatte, bei einer Temperatur von — 8 bis — 12° gefrieren und untersuchte nach einigen Tagen, wie viel Bakterien in einem Cubikcentimeter Schmelzwasser sich befanden.

Eine Probe Spreewasser enthielt 6000 Keime im Cubikcentimeter, das zwei Tage alte Eis desselben Wassers enthielt 1200, das neun Tage alte Eis desselben Wassers nur noch 14 Bakterien pro Cubikcentimeter.

Eine andere Probe Spreewasser barg 3300 Mikroorganismen im Cubikcentimeter; drei Tage altes aus demselben Wasser hergestelltes Eis liess aus 1 ccm seines Schmelzwassers nur 20 bezw. 22 Colonien zur Entwickelung kommen. Ein Wasser, welches 500 000 Keime pro Cubikcentimeter enthielt, hatte, als es sechs Tage gefroren war, nur noch 36 000 bezw. 32 000 Bakterien im Cubikcentimeter. Ein anderes Wasser enthielt 4800 bezw. 4200 Keime, fünf Tage gefroren aber nur noch 340 bezw. 430 im Cubikcentimeter. In einem dritten Wasser waren 11 000 bezw. 12 500 Mikroben pro Cubikcentimeter vorhanden; nach sechstägigem Frieren sank die Zahl auf 2400 bezw. 2200.

Aehnliche Resultate hat Prudden[2]) mit Croton- und Hudsonwasser erhalten.

Bordoni-Uffreduzzi[3]) fand, dass etwa 90 Proc. der im Wasser befindlichen Bakterien bei längerem Gefrieren absterben.

Prudden brachte Reinculturen in sterilisirtes Wasser und stellte die so beschickten Reagensröhrchen in einen Kälteapparat, in welchem er sie bei — 1 bis — 10° C. hielt. Dabei ergaben sich unter anderen die folgenden Resultate:

Mikrokokkus prodigiosus			*Proteus vulgaris*		
Zeit		Zahl pro Cubikcent.	Zeit		Zahl pro Cubikcent.
Vor dem Frieren		6300	Vor dem Frieren		8320
Gefroren	4 Tage	2970	Gefroren	18 Tage	88
	37 „	22		51 „	0
	51 „	0			

[1]) Ueber den Bakteriengehalt des Eises. Zeitschr. f. Hygiene 1, 302.

[2]) On Bacteria in ice and their relation to disease with special reference to the ice supply of New-York. Med. Record. 26. III. 1887, p. 341.

[3]) Die biologische Untersuchung des Eises in seiner Beziehung zur öffentlichen Gesundheitspflege. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. I. Jahrgang 1887, Bd. II, Nr. 17, S. 489.

Dünner verflüssigender Bacillus aus Crotonwasser

Vor dem Frieren . .	800 000
Gefroren 7 Tage . .	0

Bac. typhi abdominalis

	Zeit	Zahl pro Cubikcent.
Vor dem Frieren. .		unzählig
Gefroren	11 Tage	1 019 403
	27 „	336 457
	42 „	89 796
	69 „	24 276
	77 „	72 390
	103 „	7 348

Bac. fluorescens

Vor dem Frieren . .		unzählig
Gefroren	4 Tage .	571 560
	11 „ .	520 520
	51 „ .	183 040
	65 „ .	10 978
	77 „ .	85 008

Staphylokokkus pyogenes aureus

	Zeit	Zahl pro Cubikcent.
Vor dem Frieren . .		unzählig
Gefroren	18 Tage .	224 598
	20 „ .	46 486
	54 „ .	34 320
	66 „ .	49 280

Die verschiedene Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Arten, sowie die verstärkte Wirkung der länger andauernden Kälte treten in den Zahlen Prudden's deutlich zu Tage.

Bei abwechselndem Gefrieren und Aufthauen des mit Bakterien versetzten Wassers erzielte derselbe Autor ein viel rascheres Absterben. So waren 40 896 Typhusbacillen nach fünfmaligem Wechsel zwischen Gefrieren und Aufthauen getödtet. Der gelbe Traubenkokkus des Eiters hielt diesen Versuch nur viermal aus, obgleich er ursprünglich zu 111 782 Exemplaren in jedem Cubikcentimeter vorhanden gewesen war. Allerdings liess der Experimentator den Inhalt der Röhrchen bei — 20° sehr rasch gefrieren.

Eine noch erheblichere Verminderung der Mikroorganismen konnte erzielt werden, wenn das Wasser bis unter 0° abgekühlt wurde, ohne es gefrieren zu lassen. In einem derartigen Versuche wurde ein Wasser mit 111 782 Staphylokokken des Eiters im Cubikcentimeter 18 Stunden lang bei — 10 bis — 2° C. gehalten. Die Keimzahl war nach der angegebenen Zeit auf 16 400 gesunken, während das Controlgläschen mit erstarrtem Wasser noch 81 940 lebende Kokken enthielt.

Ueber die Ausdauer der Cholerabacillen bei niedriger Temperatur und im Eis sind Angaben gegen den Schluss des Capitels XIV. gemacht.

Es kommt bei der Abtödtung der Mikroorganismen durch Kälte ferner auf die Widerstandsfähigkeit der Mikroorganismen an. So starb eine alte, auf Agar-Agar gezüchtete Eiterkokkencultur,

welche Prudden in Wasser brachte, schon nach 5 bis 6 Tagen ab, während, wie vorstehend angegeben, eine frische Aufschwemmung mindestens 66 Tage lebendig blieb.

Auf den grossen Gehalt des Eises an Mikroorganismen hat zuerst Bischof aufmerksam gemacht.

Umfassende Untersuchungen wurden von C. Fränkel angestellt. Derselbe fand, dass der Gehalt des Berliner aus Verunreinigungen ausgesetzten Seen und Teichen gewonnenen Roheises an Mikroorganismen innerhalb bedeutender Grenzen schwankte, bald waren nur wenige Hunderte, bald mehrere Tausende von Keimen — bis zu 25000 — im Cubikcentimeter frisch geschmolzenen Eises nachzuweisen.

Eine Wiederholung dieser Versuche wurde von Heyroth[1]) angestellt und führte zu einem ähnlichen Resultat. In 25 Untersuchungen, welche mit 17 in Berlin gebräuchlichen Eissorten vorgenommen wurden, fanden sich dreimal unter 100, achtmal von 100 bis 500, sechsmal von 500 bis 1000, siebenmal von 1000 bis 5000 und einmal 14400 Keime im Cubikcentimeter Schmelzwasser.

Das aus Brunnenwasser hergestellte Eis, welches eine Gesellschaft in Berlin liefert, enthält durchschnittlich im Cubikcentimeter über 1000 Bakterien, während das Krystalleis aus destillirtem Wasser fast völlig keimfrei ist, da sein Keimgehalt zwischen 0 und 14 Keimen pro Cubikcentimeter schwankt.

Das New-Yorker Eis ist gleichfalls sehr reich an Bakterien, indessen verschieden nach der Entnahmestelle; so enthielt das Eis aus dem Hudsonriver, welcher durch die Abwässer von Albany verunreinigt wird, bis 6 Meilen (engl.) unterhalb dieser Stadt in 153 Proben in dem durchscheinenden Eis 398, in dem sogenannten Schneeeis, d. h. dem weissen, mit Luftblasen durchsetzten Eis 9187 Mikroben, während es in einer Entfernung von 6 bis 50 Meilen unterhalb Albany in dem durchsichtigen Eis 189, in dem lufthaltigen Eis 3693 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter barg. Prudden fand in allen seinen Versuchen die Thatsache bestätigt, dass das klare, luftleere Blockeis sehr viel weniger Keime enthält, als das mit vielen kleinen Luftbläschen durchsetzte weisse Eis. Er nimmt an, dass in den Schnee, welcher zum Theil das weisse Eis bilden hilft, beim Thauen das Schmutzwasser der Umgebung eindringt und ihm zahlreiche Bakterien zuführt. Andererseits wies

[1]) Ueber den Reinlichkeitszustand des natürlichen und künstlichen Eises. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 4, 1.

Prudden nach, dass der sehr häufig im Hudson vorkommende *Bac. fluorescens* mit grosser Intensität den im Wasser enthaltenen Luftbläschen zustrebt, er hält jedoch selbst die angegebenen Erklärungen nicht für alle Fälle genügend.

Bordoni-Uffreduzzi untersuchte das in Turin gebrauchte Roheis, welches der Dora entstammt, und entdeckte in demselben zwischen 120 und 3546 Bakterien; er constatirte ferner, dass die Zahl der Mikroorganismen im Eis innerhalb der sechs Monate von Januar bis Juni nicht abnahm. Hiernach scheint es, als ob einzelne Arten von Organismen, worauf bereits Prudden hingewiesen hat, im Eis nach einiger Zeit absterben, andere nicht.

Bordoni-Uffreduzzi brachte grössere Mengen Eis zum Schmelzen und mischte das Schmelzwasser, ungefähr ein Liter, mit einem sterilisirten Glasstabe; er vermied so die Fehlerquelle, welche sich daraus ergiebt, dass in einer kleinen Eisprobe zufällig viele, in einer anderen wenige Mikroben eingeschlossen sind. Seine Resultate waren in der That sehr gleichmässige.

Früher ist das Eis ohne jede Rücksichtnahme auf seinen Keimgehalt sowie auf seine Herkunft benutzt worden. Das darf nicht mehr geschehen. Das gewöhnliche, aus infectionsverdächtigem Wasser dargestellte Roheis ist überall da zu vermeiden, wo es mit der Nahrung oder in Getränken genossen wird. Es ist ferner unbrauchbar für Zwecke der Wundbehandlung. An seiner Stelle soll in diesen Fällen nur aus frisch destillirtem Wasser bereitetes Kunsteis verwendet werden.

Roheis darf direct mit Nahrungsmitteln in Berührung kommen, sofern diese später der Siedetemperatur des Wassers ausgesetzt werden. Jedoch ist die Anwendung des Kunsteises vorzuziehen. Da, wo Nahrungsmittel mit dem Eise überhaupt nicht in unmittelbare Berührung kommen, kann das Roheis unbedenklich benutzt werden.

Von Bedeutung, z. B. für die Versendung von Wasserproben behufs Untersuchung, ist die Frage, ob Wasser, welches bis zur Temperatur des schmelzenden Eises oder doch fast bis zu jenem Grade abgekühlt wird, seinen Keimgehalt verändert.

Wolffhügel und Riedel bestimmten den Bakteriengehalt eines Wassers bei der Entnahme, füllten dasselbe darauf in sterilisirte Kölbchen und packten diese für 1 bis 3 Tage in Eis von 0°. Nachdem die Gefässe aus dem Eise genommen waren, wurde abermals der Keimgehalt bestimmt. Die erzielten Resultate giebt die Tabelle:

Keimzahl bei der Entnahme pro Cubikcentimeter	Aufbewahrung bei 0° Tage	Keimzahl nach der Abkühlung pro Cubikcentimeter
148 (14)	1	126 (6)
150 (11)	1	115 (2)
123 (14)	2	69 (0)
158 (15)	2	101 (0)
123 (9)	3	29 (0)
156 (11)	3	33 (2)

Es hat also entsprechend der Dauer der Abkühlung eine Abnahme der Bakterien stattgefunden, insonderlich haben sich die — in vorstehender Tabelle in Klammern gesetzten — die Gelatine verflüssigenden Mikroorganismen vermindert. Die Versuche Fränkel's lieferten ähnliche Resultate. Miquel (l. c. S. 753) hielt Wasser der Vanne 24 Stunden hindurch bei einer Temperatur von 1,7 bis 4,0° C. Die Bakterienzahl hatte weder zu- noch abgenommen.

Trotzdem giebt es Mikroorganismen, welche sich noch bei einer Temperatur von + 0° vermehren. So sah Forster[1]), dass sein leuchtender Bacillus noch wuchs, wenn die Culturröhrchen in schmelzendem Eis standen. Seine Untersuchungen wurden durch Fischer und Jahn[2]) bestätigt. Diese Forscher fanden ausserdem im Wasser 3, im Boden 9 weitere Mikroben, welche ebenfalls bei 0° gediehen.

Nach Miquel[3]) stieg in einer Probe Seewasser, welche bei 0° gehalten wurde, die Keimzahl von 150 in 24 Stunden auf 520, in 4 Tagen auf 1750 im Cubikcentimeter. Der rothe Bacillus vermehrte sich bei 0° in 72 Stunden von 3 auf 40 Exemplare im Cubikcentimeter eines durch den Boden filtrirten Flusswassers.

Wenn solche Bakterien in einem Wasser vorhanden sind, kann in dem im Eis verpackten Kölbchen eine Bakterienvermehrung statthaben. Da indessen die vorerwähnten Mikroben sich nur sehr langsam entwickeln, so dürfte die praktische Bedeutung nicht gross sein, sofern der Aufenthalt im Eis kurze Zeit währt.

---

[1]) Centralblatt f. Bakter. u. Par. 2, 337 u. 12, 430.

[2]) Centralblatt f. Bakter. u. Par. 4, 90.

[3]) Miquel, Manuel pratique d'Analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 23 et 25.

Ueber die Einwirkung höherer Temperaturen auf Mikroorganismen liegt eine grosse Reihe von Beobachtungen vor. Wir führen besonders die Resultate an, welche im Kaiserlichen Gesundheitsamt erhalten worden sind.

In der Arbeit: „Untersuchungen über Desinfection mit heisser Luft“ von R. Koch und G. Wolffhügel kommen die beiden Autoren zu folgenden Schlüssen: „1) In heisser Luft überstehen sporenfreie Bakterien eine Temperatur von wenig über 100° C. bei einer Dauer von $1^1/_2$ Stunden nicht. 2) Sporen von Schimmelpilzen erfordern zur Abtödtung ungefähr eine $1^1/_2$stündige Temperatur von 110 bis 115° C. 3) Bacillensporen werden erst durch dreistündigen Aufenthalt in 140° heisser Luft vernichtet“.

Durch eine andere Arbeit: „Versuche über die Verwerthbarkeit heisser Wasserdämpfe zu Desinfectionszwecken“ von Koch, Gaffky und Löffler wurde festgestellt, dass Flüssigkeiten in Gefässen, die in strömenden Wasserdampf von 100° C. gebracht waren, diese Temperatur nach kurzer Zeit annehmen, und dass „Bacillensporen die Temperatur des siedenden Wassers nur wenige Minuten überstehen“.

Spätere Untersuchungen von Globig[1]) haben dargethan, dass es Sporen giebt, welche bis zu sechs Stunden der Einwirkung des strömenden Dampfes, bis zu 10 Minuten der Einwirkung eines Dampfes von 123° zu widerstehen vermögen.

Die nicht sporenbildenden Mikroorganismen sind viel weniger widerstandsfähig. Wie Cohn angegeben, genügt ein längere Zeit fortgesetztes Erwärmen auf 60° C., um das Abtödten derselben zu bewirken. Tyndall fand, dass eine Flüssigkeit sterilisirt wurde, wenn man sie täglich mehrere Stunden auf 60° erhitzte.

Die Sporen wachsen nämlich in der Zeit, während welcher die Wärme nicht so hoch ist, zu Bacillen aus und diese werden dann durch die längere Zeit einwirkende Temperatur von 60° C. getödtet.

Wie die Zahl der Mikroorganismen bei steigender Temperatur abnimmt, lässt sich aus zwei Versuchen Miquel's[2]) ersehen. Nachdem dieser Forscher die Menge der Bakterien im Liter Wasser festgestellt hatte, erhitzte er dasselbe rasch bis auf eine bestimmte Temperatur, erhielt es 15 Minuten lang bei derselben, erhitzte weiter und liess die höhere Temperatur wiederum 15 Minuten andauern u. s. f.

---

[1]) Ueber einen Kartoffelbacillus mit ungewöhnlich widerstandsfähigen Sporen. Zeitschrift für Hygiene 3, 322.

[2]) La semaine médicale, 31 Juillet 1884.

Versuch I		Versuch II	
Temperatur	Bakterienzahl	Temperatur	Bakterienzahl
20° C.	58 000	22° C.	106 000
45	49 500	43	80 000
55	4 200	50	16 500
65	2 600	60	5 000
75	1 200	70	3 400
85	830	80	3 300
95	360	90	1 800
100	420	100	650
Dasselbe Wasser, nachdem es gestanden hatte, bei			
24°		27°	
24 Stunden	310	24 Stunden	330
48 „	14 500	48 „	134 000

Aus diesen beiden Versuchen Miquel's ist ersichtlich, dass nicht alle Bakterien durch dieselbe Temperatur getödtet werden, die eine Art von Spaltpilzen ist gegen Temperatureinflüsse empfindlicher als die andere. Der die Entwickelung am meisten fördernde Wärmegrad, das sogenannte Temperaturoptimum, ist verschieden für die verschiedenen Mikroorganismen; so ist z. B. von den Tuberkelbacillen bekannt, dass sie nur bei Brutwärme üppig gedeihen; andere Bakterien vertragen mittlere Temperaturen (20°), z. B. die Cholerabacillen; wieder andere vermehren sich reichlich noch bei 5° C., während sie bei hohen Temperaturen, z. B. bei Blutwärme, 37° C., nur ein kümmerliches Dasein fristen; zu dieser Gruppe gehören eine nicht unbeträchtliche Anzahl der häufig im Wasser vorkommenden Mikroorganismen.

Miquel[1]) fand einen Bacillus, dessen Temperaturoptimum zwischen 65 und 70° liegt, dessen Wachsthum erst oberhalb 40° beginnt. Dieser Bacillus fehlte in Quellwässern, dahingegen war er in Tagewässern und in dem durch die Pariser Schmutzwässer verunreinigten Seinewasser häufig (1000 im Liter); sehr zahlreich, bis zu 500 im Cubikcentimeter Wasser, wurde er in den Abflüssen aus Cloaken und Aborten angetroffen. Van Tieghem[2]) beobachtete sogar noch bei 74° die Entwickelung eines Mikrokokkus.

[1]) Ann. de l'observat. de Montsouris pour 1881, p. 464 und Annales de Micrographie etc., Tom. I, p. 4 — 10, 1888.

[2]) Zeitschrift für Hygiene 3, 319 — 321.

Auch Cortes und Garrigon[1]) fanden in Sprudelwässern bei 64° lebende Bacillen, und Globig[1]) entdeckte in den oberen Bodenschichten eine grössere Anzahl von Mikroben, welche bei 65° noch kräftig gedeihen.

Was über die Einwirkung der Wärme auf die uns hauptsächlich interessirenden pathogenen Pilze bekannt ist, wird im Capitel XIV. erwähnt werden.

Der nachfolgende von uns angestellte Versuch zeigt, wie verschieden sich die im Wasser und in der Luft vorkommenden Mikroorganismen verschiedenen Temperaturen gegenüber verhalten.

	Temperatur	Einsaat pro Cubikcentimeter	Nach Tagen	Zahl der Colonien pro Cubikcentimeter	Temperatur	Nach weiteren Tagen	Zahl der Colonien pro Cubikcentimeter
Grüner fluorescirender Bacillus aus Wasser .	5°	11 000	10	900 000	—	—	—
Weisser Kokkus aus Wasser	5°	17 000	10	{ 2 000* 5 000	12°	10	500 000
dito	12°	5 000	9	237 000	—	—	—
Gelber Kokkus aus Luft	5°	40 000	10	4 500	12°	3	150 000
Grüner nicht fluorescirender Bacillus aus Wasser	12°	8 000	10	700 000	—	—	—

* An der Oberfläche 2000, am Boden 5000.

Beobachtungen über die Entwickelung von *Mikrok. aquatilis* und *Bac. erythrosporus* bei verschiedenen Temperaturen wurden im Göttinger hygienischen Institut angestellt und bereits S. 528 angeführt. Andere Versuche, allerdings mit Bakteriengemischen angestellt, bringt Heraeus. Nach seinen Angaben enthielt das Wasser der Wiesbadener Leitung bei der Entnahme 16 Keime im Cubikcentimeter, dahingegen 300 Keime, als es acht Tage bei 10° C. gestanden hatte. Brunnenwasser mit 650 Bakterien enthielt nach dreitägigem Stehen bei 10° C. 9000 im Cubikcentimeter; eine andere Probe dieses Wassers mit ebenfalls 650 Mikroorganismen pro Cubikcentimeter barg nach drei Tagen bei 20 bis 24° Temperatur nicht weniger als 240000 Keime im Cubikcentimeter. Siehe auch S. 529.

[1]) Zeitschrift für Hygiene 3, 319 bis 321.

Aus dem Vorstehenden folgt, dass im Allgemeinen die Vermehrung der Organismen mit der Temperatur, und zwar bis gegen 30 bezw. 40°, ansteigt, dass aber eine Anzahl gerade der im Wasser häufigen Bakterien bei niedrigen Temperaturen, etwa 15°, besser gedeiht.

Was den Bakterienreichthum des in der Natur vorkommenden Wassers bei verschiedenen Temperaturen oder in den einzelnen Monaten angeht, so ist eine Angabe von Bertschinger[1]) von Interesse. Es ist bekannt, dass zur Zeit der Schneeschmelze die Zahl der Bakterien erheblich zunimmt. Bertschinger untersuchte, um die Grösse dieses Factors für den Züricher See festzustellen, das Wasser des Sees vor und während des Zufrierens und nach dem Aufthauen. Die Beobachtung zeigte, dass der zugefrorene See unter der Eisdecke erheblich mehr Keime barg als vorher; während gewöhnlich das Seewasser im Cubikcentimeter zwischen 50 und 300, im Mittel aus 173 Untersuchungen 178 Bakterien enthielt, stieg während der acht Wochen dauernden Eisperiode die Zahl auf 2000 und darüber. Bertschinger will das vorübergehende Ansteigen der Zahl auf den Mangel an Oxydationsvorgängen unter der Eisdecke und das Absterben zahlreicher höherer Lebewesen, also auf bessere Ernährungsverhältnisse zurückführen, ohne indessen Beweise für seine Anschauung zu bringen.

Man kann Bakterien an andere als ihnen ursprünglich zusagende Temperaturen durch Züchtung gewöhnen. Manche Arten, plötzlich unter ungünstige Temperaturverhältnisse gebracht, wachsen schlecht und verlieren die Fähigkeit, Farbstoffe, Fermente oder Gifte zu bilden. Geht man jedoch langsam vor, so behalten sie ihre Eigenschaften und gedeihen in vorzüglicher Weise, ihre Temperaturbreite ist erweitert worden.

Dieudonné[2]) gelang es sogar, bei 10° Milzbrand zu züchten und mit ihm kalte Frösche mit Sicherheit zu inficiren. Diese Eigenthümlichkeit der Anpassung der Mikroorganismen ist bei manchen pathogenen Arten, z. B. bei Typhus und besonders bei Cholera, von grossem Belang für ihre Verbreitung durch das Wasser auch während der kalten Jahreszeit.

Fortlaufende Brunnenuntersuchungen liegen, so weit uns bekannt, nicht vor. Die zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuche einzelner Forscher bieten jedoch genügendes Material zu Vergleichen.

---

[1]) Schelling's Journ. für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1891.
[2]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 1894, 9, 492.

Nach Moers (l. c. S. 135) nahm in den untersuchten Brunnen Mülheims die Keimzahl bis zum September stetig, aber nicht erheblich zu und von dem angegebenen Zeitpunkte bis zum November, dem letzten Beobachtungsmonat, wieder ab.

In Regensburg wurde ein viel benutzter Brunnen von Hofmann untersucht. Es fanden sich am 10./11. 57, 23./12. 77, 18./1. 59, 18./2. 74, 27./3. 145, 24./4. 68, 17./5. 14, 30./6. 255, 31./7. 60, 9./8. 28, 9./9. 103, 22./10. 25 Bakterien.

De Blécourt giebt die Zahlen von 80 Groninger Brunnenwässern an, die nach einander in verschiedenen Monaten untersucht wurden. 41 von ihm im März untersuchte Brunnen enthielten durchschnittlich 677, 25 im April untersuchte 1452, und 14 im Juni untersuchte 2183 Mikroorganismen im Cubikcentimeter. Von einem Brunnenwasser giebt Roth an, dass es im Monat October und November circa 909, Anfang December 600, Mitte December 450 Spaltpilze pro Cubikcentimeter enthielt, während im Juni 9500 Colonien sich aus einem Cubikcentimeter entwickelten.

In Leitmeritz war in 54 Brunnen während der warmen Monate die Zahl der Bakterien grösser geworden, allerdings meist nicht erheblich, in vier Brunnen hatte sie abgenommen, in acht war sie gleich geblieben. Die Temperaturschwankung während eines Jahres betrug bis auf vier Fälle weniger als 3° C. Die höchste Temperaturschwankung betrug 3,8°. Ein Zusammenhang zwischen Schwankung und Keimzahl ist nicht zu erkennen.

Rubner fand in seinem in einem Keller gelegenen Brunnen von Juni bis Januar eine Temperatur von 8,1 bis 11,8° C. Dabei schwankte die Bakterienzahl zwischen 863 und 1620, wobei die Zahl 1142 bei 8,1°, die Zahl 1620 bei 11,3°, die Zahl 960 bei 11,8° gefunden wurde.

Ueber den Gehalt der Quellen an Bakterien zu verschiedenen Jahreszeiten scheinen bis jetzt nur wenig Daten veröffentlicht zu sein.

Bezüglich der von Maschek untersuchten Quellen in und bei Leitmeritz (S. 494) lässt sich die Einwirkung der Temperatur nicht nachweisen. Dasselbe ist bei den Regensburger Quellen der Fall. Ihr Wasser wird unter Einschiebung eines Hochreservoirs in 4,5 km langer Leitung der Stadt zugeführt. Die durchschnittliche, nahezu constante Temperatur des Quellwassers ist 10,6° C. Die chemische Untersuchung ergab für 100000 Theile 22,7 Theile Gesammtrückstand, 7,7 Theile Glühverlust, 11,6 Theile Kalk, 0,5 Theile Chlor und 1,28 Theile Kaliumpermanganatverbrauch. Die Keimzahl in den einzelnen Monaten betrug 1885 im October 60

Keime im Cubikcentimeter, November 20, December 40; 1886 im Januar 32, Februar 32, März 31, April 15, Mai 25, Juni 39, Juli 41, August 40, September 24 Keime. Die Untersuchungen fanden je einmal im Monat statt[1]).

Bezüglich des Leitungswassers liegen viele Angaben vor, doch dürften einige Zahlen genügen.

Die Mittelzahlen für das Berliner Leitungswasser von fünf Auslässen in der Zeit von Juli 1884 bis Juli 1885 sind folgende:

1884					
Juli	August	September	October	November	December
201	144	98	38	21	36

1885					
Januar	Februar	März	April	Mai	Juni
44	73	66	36	21	111

Es giebt also für die untersuchte Zeit ein Minimum im November und ein zweites im Mai. Beide sind auch bei der Untersuchung des unfiltrirten und filtrirten Spreewassers, sowie des Wassers in dem Charlottenburger Reservoir beobachtet worden; beim unfiltrirten Seewasser aber fehlt das Minimum für Mai, beim filtrirten das für den November.

Wie unrichtig es jedoch sein würde, diese Monatsmittel zu verallgemeinern, daraus weitgehende Schlüsse auf den Einfluss der Wärme oder der Jahreszeit zu ziehen, zeigt die nächste Untersuchungsperiode:

1885/1886 Monat	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Spree bei Stralau	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Tegelersee am Wasserwerk	1885/1886 Monat	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Spree bei Stralau	Durchschnittskeimzahl pro Cubikcentimeter: Tegelersee am Wasserwerk
Juli	4 447 31 026*	1 700 5 540*	November .	5 673 12 130*	172
August . .	4 925	1 647	December .	5 440	366
September .	3 830	444	Januar . .	2 333 9 000*	99
October . .	2 951	231	Februar . .	2 116 7 110*	20 3 415*

* Sofern grosse, sichtlich zufällig entstandene Verunreinigungen des Wassers mit berücksichtigt werden.

[1]) Hofmann, Bakteriologische Untersuchung d. Wassers d. städtischen Wasserleitung in Regensburg. Münch. Med. Wochenschrift, Nr. 19, 10. Mai 1887, S. 350.

Miquel[1]) giebt die Monatsmittel von vier Jahren der Vanne und der Dhuis an; die Zahlen mögen hier folgen, wobei die erste Zahl dem Januar, die zweite dem Februar etc. entspricht. Im Vannewasser fanden sich 400, 1625, 1560, 860, 720, 590, 865, 985, 465, 495, 495, 525; im Dhuiswasser 2700, 4500, 2350, 3930, 1680, 765, 930, 500, 480, 985, 2175 und 1770.

Im Potomacwasser war die Zahl der Keime im Sommer viel geringer als im Winter. Smith[2]) führt diese Erscheinung auf die Niederschläge mit ihrem Oberflächenschmutzwasser zurück. Der Bakterienbefund zeigte sich höher oder niedriger, entsprechend dem Grade der Trübung. Der Autor[2]) führt auch die durchschnittlichen monatlichen Regenmengen an; aus denselben und den Bakterienbefunden ergiebt sich jedoch kein directer Zusammenhang; ein solcher ist auch nicht zu erwarten, da die Regenmengen Durchschnittszahlen sind, während die bakteriologischen Befunde auf Einzelbeobachtungen beruhen. Hatte es kurz vor der bakteriologischen Untersuchung geregnet, so mussten viele Mikroorganismen im Wasser gefunden werden, wenig dagegen, wenn es vorher trocken gewesen war.

Von mehreren Seiten, besonders von Frank[3]) und Schmelik[4]) ist darauf aufmerksam gemacht worden, dass zur Zeit der Schneeschmelze die Keimzahl in den offenen Wässern ganz erheblich zunimmt. Man darf annehmen, dass mit dem Schmelzwasser sowohl die Bakterien, welche während des Winters aus der Luft auf den Schnee gefallen sind, als auch ein grosser Theil der an der Erdoberfläche liegenden Mikroorganismen fortgespült und in die Wasserläufe übertragen werden.

Der gefrorene Untergrund verhindert das Eindringen des Schmelzwassers und damit die Ablagerung der Mikroorganismen; darin liegt auch der Grund, wesshalb den offenen Wässern durch die Schneeschmelze mehr Bakterien zugeführt werden, als durch die sommerlichen bezw. herbstlichen Regengüsse.

Aus den angeführten Versuchsergebnissen und den mitgetheilten Beobachtungen lassen sich die folgenden allgemeinen Schlüsse ziehen:

---

[1]) Manuel pratique d'analyse bactériologique des eaux. Paris 1891, p. 131.

[2]) Med. News, 7. April 1887, p. 405.

[3]) Die Verunreinigungen des Spreewassers etc. Zeitschr. f. Hygiene 3.

[4]) Steigerung des Bakteriengehaltes im Wasser während des Schneeschmelzens. Centralblatt f. Bakteriologie u. Parasitenkunde 4, Nr. 7, 1888. und 8, 102, 1890.

1) Durch Temperaturen von weniger als 0° wird eine Anzahl von Bakterienindividuen und -arten getödtet, andere Mikroorganismen derselben Art, sowie andere Arten widerstehen der Kälte sehr lange.

2) Temperaturen von 0 bis ungefähr 4° C. heben nicht die Lebensfähigkeit, wohl aber die Vermehrung der meisten Bakterienarten auf; einige Arten vermögen sich auch bei so niedrigen Wärmemengen zu vermehren.

3) Mit Zunahme der Temperatur tritt eine erhebliche Proliferation der Bakterien ein. Die Grösse dieses Einflusses der Temperatur zeigt sich hauptsächlich bei den angestellten Experimenten; bei den natürlichen Wässern und unter den gewöhnlichen Aussenverhältnissen hingegen tritt sie weniger hervor.

4) Die Temperatur des Oberflächenwassers, d. h. des Wassers der Seen, Bäche, Flüsse etc., folgt der Jahreszeit; so ist denn auch in den warmen Monaten durchschnittlich der Bakteriengehalt am grössten, in den kalten am kleinsten. Störende Einflüsse indessen bewirken, dass in vielen Fällen der Einfluss der Temperatur vollständig verwischt wird; vor Allem führen die Zuströmungen von Schmutzwasser, sodann das Aufrühren des Schlammes, das Abspülen der Ufer durch den Wellenschlag und das Schmelzen des Schnees dem Wasser eine grosse Menge von Mikroorganismen zu.

5) Die aus der Tiefe der Erde stammenden Brunnen- und Quellwässer haben in den meisten Fällen eine ziemlich constante, um nicht mehr als 3 bis 4° in den 12 Monaten schwankende Temperatur und dem entsprechend eine constante, oder in der warmen Periode nur wenig gesteigerte Mikrobenzahl.

6) Die Zahl der Bakterien im Leitungswasser ist während des Sommers höher als während des Winters, eine Thatsache, die nichts Auffälliges hat, wenn man bedenkt, dass das Leitungswasser in den Filtern, Reservoiren oder in dem Rohrsystem sich während des Sommers erwärmt.

D. Der Einfluss des Lichtes und der Dunkelheit auf die Mikroorganismen.

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Mikroorganismen liegt eine Reihe von Beobachtungen vor, von welchen die bis zum Jahre 1889 veröffentlichten in mustergültiger Weise von Raum[1])

[1]) Zeitschrift für Hygiene 6, 312.

zusammengestellt sind, dessen Ausführungen wir hier in der Hauptsache folgen.

Downes und Blunt veröffentlichten bereits im Jahre 1877, dass das Licht unter günstigen Bedingungen die Entwickelung der Bakterien gänzlich verhindert, unter weniger günstigen verzögert; die directen Sonnenstrahlen wirken am mächtigsten, jedoch wohnt auch dem diffusen Tageslicht eine schädigende Eigenschaft inne; auch in Nährflüssigkeit vorhandene Keime können durch alleinige Lichtwirkung getödtet werden. Tyndall konnte bei seinen Versuchen wohl eine Entwickelungshemmung, aber keine Sterilisation durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen erreichen. James Jamieson erzielte den Tyndall'schen ähnliche Resultate; er ist geneigt, die Wärmewirkung höher zu stellen als die Lichtwirkung. Die differenten Resultate dieser Forscher erklären sich, abgesehen von der verschiedenen Wärmewirkung, durch das Arbeiten mit Bakteriengemischen; die einzelnen Arten der Mikroben besitzen eine verschiedene Widerstandsfähigkeit.

Duclaux vermied diesen Fehler, indem er die Unterarten von *Tyrothrix Scaber* verwendete; die Sporen dieser Mikroorganismen widerstanden besser, als die Vegetationsformen; der Grad der Widerstandsfähigkeit variirte je nach der Species, der Art des Nährbodens und der Lichtintensität.

Sehr ausgedehnte Versuche über die Lichtwirkung auf Milzbrandbacillen und Sporen stellte Arloing an, in welchen er gegenüber den Angaben von Nocard und Strauss feststellte, dass die Milzbrandsporen als solche getödtet werden, und zwar rascher, als die Bacillen. In Bouillon und in Wasser, deren Temperatur etwa 4 bis 11° C. betrug, genügte eine fünfstündige Insolation (im Februar), um die Sporen zu tödten, die ausgewachsenen Bacillen gingen erst nach 26- bis 30stündiger Besonnung bei 30 bis 36° C. zu Grunde. Nach den Untersuchungen von Roux soll auch das Nährmaterial durch die Besonnung verändert, zum Auskeimen der Milzbrandsporen ungeeignet gemacht werden; dahingegen vermehren sich eingesäete Milzbrandbacillen anstandslos darin. Die geringere Widerstandsfähigkeit der Sporen gegenüber den Milzbrandbacillen konnte auch Roux bestätigen und ferner nachweisen, dass das Licht seine schädigenden Wirkungen nur bei Anwesenheit von Sauerstoff geltend machen könne.

Gaillard steht völlig auf dem Standpunkte Arloing's, er bekräftigt unter Anderem nochmals, dass die einzelnen Strahlen des Spectrums eine geringere Wirkung ausüben, als das vollständige Sonnenlicht, dass das Nährsubstrat von Belang ist und die

Wirkung der Milzbrandkeime durch das Licht abgeschwächt wird.

Dandrieu zieht praktische Schlussfolgerungen und spricht sich für die Reinigung der Abwässer durch Berieselung aus, wobei indessen der Rieselboden häufig umgearbeitet werden solle, um dem Licht zugängig zu werden.

Engelmann zeigte, dass nicht alle Bakterien durch das Licht ungünstig beeinflusst werden, indem er nachwies, dass sein *Bakt. photometricum* in eine Art Dunkelstarre versetzt werde, während Lichtstrahlen mobilisirend darauf wirken.

Janowski[1]) studirte den Einfluss des Lichtes auf Typhusbacillen und fand, dass diffuses Tageslicht ihr Wachsthum sowohl auf Nährgelatine als auch in Bouillon wesentlich verzögerte. Setzte er die gleichen Culturen der Einwirkung der Sonnenstrahlen aus, so waren sie in 4 bis 10 Stunden abgestorben, trotzdem die Temperatur 40° C. nicht erreicht hatte; die eingehüllt gestandenen, fast ebenso hoch erwärmten Kolben liessen in derselben Zeit bereits kräftiges Wachsthum erkennen. Weitere Versuche zeigten dem Autor, dass hauptsächlich die chemischen Strahlen schädigend wirken.

Pansini[2]) fand, dass in flüssigen Medien — hängendem Tropfen verflüssigter Gelatine — schon in $^1/_2$ bis $2^1/_2$ Stunden alle Bakterien getödtet wurden. Milzbrandbacillen, welche nur kurze Zeit der Insolation ausgesetzt waren, wurden abgeschwächt. Nach den Ermittelungen von Santorini[3]) tritt die bakterientödtende Kraft des Sonnenlichtes schon bei niedrigen Temperaturen deutlich zu Tage, wird aber mit zunehmender Wärme stärker. Trockene Mikroben widerstehen der Lichtwirkung länger; die rothen und violetten Strahlen beeinflussen das Wachsthum und die Lebensfähigkeit der Mikroorganismen nicht.

R. Koch[4]) machte zunächst auf den stark schädigenden Einfluss des Sonnen- und diffusen Tageslichtes auf Tuberkelbacillen aufmerksam.

Die Arbeit Geissler's[5]) bezieht sich auf die Einwirkung des elektrischen und des Sonnenlichtes auf Typhusbacillen in Nähr-

---

[1]) Zur Biologie der Typhusbacillen. Centralblatt f. Bakt. u. Parasitenk. 13, 167.

[2]) Revista d'Igiene 1889.

[3]) Bulletino d'Accad. med. di Roma 1889—90.

[4]) Internationaler med. Congress zu Berlin.

[5]) Zur Frage über die Wirkung des Lichtes auf Bakterien. Centralblatt f. Bakt. u. Parasitenk. 11, 161.

gelatine. Von seinen Schlussfolgerungen mögen folgende Erwähnung finden: Es besteht zwischen der schädigenden Einwirkung der beiden Lichtarten nur ein qualitativer Unterschied; nicht nur die sog. chemischen und die Lichtstrahlen, sondern auch die Wärmestrahlen schädigen; alle Strahlen der Spectren, mit Ausnahme der rothen, behindern das Wachsthum der Typhusbacillen, und zwar um so mehr, je kleiner ihre Wellenlänge ist; die Nährgelatine wird durch Sonnenlicht und elektrisches Licht zu einem weniger günstigen Nährboden. Chmelewsky[1]) kam bezüglich der Eiterkokken zu ganz ähnlichen Resultaten.

Die bei weitem beste Arbeit für die hier in Frage stehenden Punkte ist unter dem Titel „Ueber den Einfluss des Lichtes auf Bakterien und über die Selbstreinigung der Flüsse" von Buchner[2]) veröffentlicht. Er brachte *Bac. typhi*, *Bac. coli* und *Bac. pyocyaneus*

	Typhusbac.		*Bac. coli*		*Bac. pyocyan.*		Bedingungen
	belichtet	dunkel	belichtet	dunkel	belichtet	dunkel	
Aussaat . . .	3000	4600	4600	4 800	50 200	38 400	Erlenm. Kolben mit 1 cm hoher Schicht, directes Sonnenlicht 11 bis 21° C.
Nach 2 Tagen	0	7600	0	12 600	9 600	269 000	
Aussaat . . .	1400	1200	5800	5 200	22 600	21 000	directes Sonnenlicht, belichtet 32° C., dunkel 25° C., $1^1/_2$ Liter.
Nach 3 Stunden	0	5000	0	9 800	0	21 000	
Aussaat . . .	2048	2200	9472	9 856	3 328	2 048	diffuses Tageslicht 7,1° C. — 3,9° C., $1^1/_2$ Liter.
Nach 4 Stunden	0	1024	3328	11 776	0	2 432	
Aussaat . . .	—	—	165 000 122 000	130 000 116 000	87 000 86 800	101 000 104 000	directes Sonnenlicht, weiss gestrichenes Blechgefäss von 0,25 m² Grundfläche, 10 Liter Inhalt, 20° C. — 29,9° C.
Nach 1 Stunde	—	—	0 0	148 000 132 000	0 0	106 000 108 000	
Nach 2 Stunden	—	—	0 0	137 000 140 000	0 0	verflüssigt	

[1]) Zur Frage über die Wirkung des Sonnen- und elektrischen Lichtes auf die Eiterbakterien (russisch). Ref. Centralbl. f. Bakt. **12**, 174.

[2]) Archiv für Hygiene **17**, 179.

in Wasser, dem, um es zu einem besseren Nährmaterial zu machen, etwas Liebig'scher Fleischextract hinzugefügt war, und setzte diese Aufschwemmung sowohl dem diffusen Tageslichte als dem directen Sonnenlichte aus. Einige der erhaltenen Resultate sind als Paradigmen in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt.

Um die Einwirkung des Lichtes auch in grösseren Wassertiefen nachzuweisen, besäete Buchner Agar- oder Gelatineschalen dicht mit Typhus- oder Cholerabacillen, schloss sie durch ein Gummiband wasserdicht ab, klebte auf die nach oben gerichtete besäete Schale ein dunkles Papierkreuz und brachte sie unter Wasser mit folgendem Resultat.

Stand der Platten unter dem Wasserspiegel	Aussaat	Entwickelung von Colonien	
		im beschatteten Theil der Platten	im belichteten Theil der Platten
0,1 m	*Vib. cholerae.*	sehr stark	0
1,1 „	*B. pyocyan.*	„ „	0
1,6 „	*Bac. typhi.*	„ „	0
2,6 „	*B. pyocyan.*	entschieden stärker als im belichteten Theil	mässig stark
3,1 „	*Bac. typhi.*	wenig stärker als im belichteten Theil	stark

Hiernach darf man annehmen, dass bei ziemlich klarem Wasser der Lichteinfluss sich bis zu 2 m Tiefe kräftig auf die Bakterien äussert.

Um den Einfluss des Lichtes auf die Selbstreinigung der Flüsse zu controliren, untersuchten die Mitarbeiter des Autors das Isarwasser zur Tages- und Nachtzeit. Es fand sich, dass die oberhalb Münchens geschöpften Proben während der ersten Hälfte der Nacht viel weniger Keime enthielten, 160, 5, 8, 107, als die der Wirkung des Tageslichtes nicht mehr ausgesetzten Proben nach Mitternacht, 380, 460, 520, 510, 250.

Obschon sich in den Nachtstunden von 1 bis 7 Uhr das Minimum des Bakteriengehaltes im Canalwasser findet, und die Entfernung von München bis Freising, 33 km, in 8 Stunden vom Wasser durchlaufen wird, so fand sich doch um 9 Uhr stets der höchste, hingegen Nachmittags der niedrigste Keimgehalt.

Datum	Ort	Stunde	Wasser-temperatur	Bakterienzahl im Cubikcent.
24. 12. 92.	Freising . . .	9 a. m.	+ 1°	19 382
		4 p. m.	+ 1,5°	2 520
3. 1. 93.	Oberhalb Münchens .	9 a. m.	— 0,5	97
		4 p. m.	+ 0	54
„	Freising . . .	9 a. m.	+ 1,0°	10 104
		4 p. m.	+ 2,0°	188
10. 1. 93.	Oberhalb Münchens .	9 a. m.	— 1,0°	160
		4 p. m.	— 0,5°	4
„	Freising . . .	9 a. m.	+ 0,5°	10 590
		4 p. m.	+ 1,0°	6 130

Den Buchner'schen ähnliche Versuche sind von P. Frankland und M. Ward [1]) mit Milzbrandsporen angestellt. Die Autoren fanden, dass im December durch die Sonnenstrahlen, besonders die zum blauen Ende des Spectrums hin liegenden, Milzbrandsporen auf Gelatineplatten schon in wenigen Stunden abgetödtet wurden, und zwar auch durch reflectirtes Licht und bei einer so niedrigen Temperatur, dass nicht einmal die Gelatine der Versuchsschalen flüssig wurde. Die Versuchsanordnung war der Buchner's fast gleich. Dass wirklich die Sporen und nicht das Nährsubstrat afficirt wurde, bewies Ward, indem er auf einer Glasschale eine dünne Schicht Milzbrandsporen antrocknen liess, deren eine Hälfte er belichtete; als er Agar darüber goss, blieb die belichtete Seite steril, die dunkel gehaltene bedeckte sich mit Milzbrand. Eine theilweise Belichtung einer dünnen Agarschicht und spätere Impfung mit Milzbrand liess keinen Unterschied erkennen. Auch die in Wasser gebrachten Milzbrandsporen starben bald ab, in längstens 151 Stunden.

Frankland konnte weiter nachweisen, dass die Sporen des Milzbrandes widerstandsfähiger gegen die Sonnenstrahlen sind im Wasser als in den gewöhnlichen Nährmedien, eine Erscheinung, auf welche vor ihm schon Strauss und Momont aufmerksam gemacht haben.

Das diffuse Tageslicht übte nach Frankland und Ward's Beobachtungen einen wesentlichen Einfluss auf Milzbrandsporen nicht aus.

Für das Meerwasser ist die tödtende Lichtwirkung von Dr. Bassenge [2]) erwiesen; dieser fand bei einer Reise von den capver-

[1]) Proceedings of the Royal society Vol. 53. The vitality and virulence of Bac. anth., p. 204 u. 303.

[2]) B. Fischer. Die Bakterien d. Meeres. Planktonexpedition 1893, S. 57.

dischen Inseln nach Trinidad (17° bis 11° nördl. Br.) vom 16. bis 29. November 1893 Abends an der Oberfläche des Meeres nur zwischen 14 und 126 Bakterien, in 10 m Tiefe indessen regelmässig über 2000, nur je einmal wurden 790 und 1390 notirt.

Dieudonné[1]) konnte für *Micr. prod.* und *Bac. fluorescens* bestätigen, dass nicht die Wärme, sondern das Licht, und zwar sehr kräftig die ultravioletten, violetten und blauen, weniger kräftig die grünen, gar nicht die gelben und rothen Strahlen tödtend wirken, dass das elektrische Licht nur quantitativ sich vom Sonnenlicht unterscheide, und dass der Nährboden ebenfalls, wenn auch schwach, durch das Licht beeinflusst werde. Angeregt durch eine Beobachtung von Richardson, fand Dieudonné weiter, dass jedenfalls ein grosser Theil der Lichtwirkung auf Bildung von Wasserstoffsuperoxyd aus Wasser beruhe, er konnte das Superoxyd in den belichteten Theilen der Nährmaterialien und in den von der Sonne beschienenen Wasserschichten in ziemlich reichlichen Mengen nachweisen.

E. Der Einfluss der Bewegung und Ruhe auf die Mikroorganismen.

Ueber die Einwirkung der Erschütterung auf die Vermehrung der Mikroorganismen sind viele Versuche angestellt worden, welche zum Theil zu widersprechenden Resultaten geführt haben. Wir verweisen betreffs der älteren Arbeiten auf die Zusammenstellung von G. Wolffhügel im 2. Heft der Arbeiten aus dem Gesundheitsamt: „Die Vermehrung der Bakterien im Wasser.“

Hier sollen nur einige der neueren Beobachtungen erwähnt werden, sofern bei denselben Wasser als Substrat benutzt worden ist, und Zählungen vorgenommen sind.

Frankland[2]) schüttelte je 50 Theile bakterienhaltigen Wassers mit 5 Theilen Eisenschwamm. Er fand pro Cubikcentimeter in dem ursprünglichen Wasser 609, in dem eine Minute lang geschüttelten Wasser 28 und in dem 15 Minuten lang geschüttelten Wasser 63 entwickelungsfähige Keime. Die beiden letzten Proben wurden entnommen, nachdem eine halbe Stunde Zeit zum Absetzen gegeben war.

Fünfzehn Minuten andauerndes Schütteln mit Thierkohle 1 : 50, und fünfstündiges Absetzenlassen reducirte die Zahl der Mikroorga-

[1]) Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt 1894, 9, 405 u. 537.

[2]) Chemical News 1885, Nr. 1338 und 1339. The removal of microorganisms from water.

nismen von 8325 auf 274. Als 1 g gepulverter Coaks mit 50 ccm Wasser eine viertel Stunde lang geschüttelt worden war, trat keine Keimentwickelung mehr auf, obschon das Versuchswasser zahllose Bakterien enthalten hatte. Die Zeit des Niedersinkens des Coakspulvers hatte zwei Tage gedauert. Schütteln mit Holzkohle und mit Kalk hatte noch bedeutenden, Schütteln mit Thonerde, Ziegelmehl, Gyps, Manganoxyd ungenügenden Erfolg.

Bei diesen Versuchen kam ausser dem Schütteln wohl hauptsächlich das Niedergerissenwerden der Bakterien durch die sich absetzende, fein vertheilte Materie zur Geltung. Wie viel Mikroorganismen sich in dem zu Boden gesunkenen Schlamm befanden, ist nicht angegeben.

Poehl brachte eine Flasche mit Wasser, welches 4147 Bakterien pro Cubikcentimeter enthielt, in eine Centrifuge; eine zweite Flasche mit demselben Wasser liess er eine Stunde lang stark schütteln. Die erste Probe brachte nach dieser Zeit noch 533, die letztere 728 Colonien pro Cubikcentimeter zur Entwickelung.

Die schon aus dem Jahre 1883 stammende Beobachtung Poehl's, die Wirkung der Centrifuge betreffend, steht ganz allein da; der Autor giebt auch nicht an, ob er vor der Probeentnahme die Flasche geschüttelt hat; es ist also immerhin möglich, dass eine Verwechselung zwischen Absterben und Sedimentiren vorliegt.

Ein anderes Wasser mit 25 558 Mikroorganismen enthielt nach einstündiger Behandlung in der Centrifuge noch 3692 lebensfähige Keime.

Cramer, Leone, Miquel und wir erhielten andere Resultate. Cramer schüttelte eine viertel Stunde lang bakterienhaltiges Wasser. Es ergab sich im Mittel aus acht Versuchen, dass die vier geschüttelten Proben pro Cubikcentimeter mehr Keime, nämlich 87, enthielten, als die nicht bewegten, in welchen nur 80 Bakterien vorhanden waren. Leone giebt ebenfalls an, dass er keinen Unterschied zwischen dem ungeschüttelten und geschüttelten Wasser habe finden können.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Miquel (l. c. S. 737). Er arbeitete nicht mit Reinculturen, sondern mit dem Wasser der Vanne und der Dhuis. Das erstere enthielt 28, das letztere 65 Bakterien im Cubikcentimeter. Das Kölbchen mit dem Vannewasser, welches 250 Stösse in der Minute erhielt, hatte nach 24 Stunden 71 000, die in dem nämlichen Raume bei derselben Temperatur stehende Controlprobe 80 000 Bakterien; das geschüttelte Dhuiswasser barg 43 000, das ruhig bei 20 bis 22° C. gestandene 31 000 Mikroorganismen.

Die von uns angestellten Versuche fielen ebenso negativ aus. Ein Schüttelapparat wurde mit einem kleinen, an die Wasserleitung angeschlossenen Wasserrad in Verbindung gebracht. Die Zahl der kräftigen Stösse stieg bis zu 100 in der Minute. An den Speichen des Rades war ein rund gebogenes Glasrohr von 2,5 cm Weite so befestigt, dass die Entfernung von der Peripherie des Rohres bis zur Achse des Rades 12 cm betrug. Die höchste Umdrehungszahl war 50 in der Minute. In den Schüttelapparat brachten wir Kölbchen, von denen einige Gummipfropfen mit Glasröhrchen trugen, während der Hals der anderen nach der Füllung in eine lange Spitze ausgezogen und zugeschmolzen war. Die erwähnten Gummipfropfen und Glasröhrchen waren vorher im Dampfapparate sterilisirt und die letzteren U-förmig gebogen, um den Gasaustausch zu ermöglichen. Die offenen Kölbchen wurden immer nur zur Hälfte gefüllt; die ausgezogenen hingegen wurden in einzelnen Fällen halb und in anderen Fällen so weit gefüllt, dass in der Spitze nur $^1/_2$ bis 1 ccm Luft verblieb.

Die von uns zum Experimentiren benutzten Mikroorganismen zeigten sich sowohl bei freiem wie bei beschränktem Gasaustausch gegen Bewegungen unempfindlich. Die erhaltenen Resultate sind in umstehender Tabelle verzeichnet. Auf die geringen, bald positiven, bald negativen Schwankungen im Keimgehalt kann kein Gewicht gelegt werden.

Etwas andere Resultate erhielt B. Schmidt[1]); er konnte durch Schütteln mit der Hand und mit einem Schüttelapparat keine Wachsthumsbehinderung constatiren bei *Micr. prodigiosus*, *Micr. candicans*, *Micr. staph. aureus* und *albus*, dem *Bac. typhi*; dahingegen trat etwas verlangsamtes Wachsthum bei *Bac. violaceus* und bei einigen verflüssigenden Bakterien deutliche Hemmung der Verflüssigung auf, so z. B. bei den Kommabacillen von Finkler-Prior und Koch. Eine Abschwächung der Virulenz des Milzbrandes konnte selbst durch das heftigste Schütteln nicht erzielt werden.

Meltzer[2]) konnte durch einfaches Schütteln und durch Schütteln mit Glasperlen mittelst einer Schüttelmaschine, die 180 Excursionen von 40 ccm Schwingungsweite in der Minute machte, in wenig Tagen den *Bac. megatherium*, in einigen weiteren Tagen den *Micr. radiatus* und in 11 Tagen den *Bac. albus* aus Wasser zerstören. Ein rother Bacillus aus Wasser hingegen, bei Beginn des Versuches zu 950 Exemplaren in der Controle enthalten,

[1]) Archiv für Hygiene 13, 247.

[2]) Studies of the department of the pathology of the college of physicians and surgeons. Columbia college, Vol. III u. Zeitschr. f. Biolog. 30, 1844.

Mikroorganismus und Temperatur	Zahl der Colonien in $^1/_2$ ccm	Mikroorganismus und Temperatur	Zahl der Colonien in $^1/_2$ ccm nach			Mikroorganismus und Temperatur	Ausgesäet in $^1/_2$ ccm	Zahl der Colonien in $^1/_2$ ccm nach	
Rother Bacillus aus Wasser, eingesäet in $^1/_2$ ccm 3200. Temperatur 20,0° C.	Nach zweitägigem Schütteln bezw. Stehen	Weisser Kokkus aus Wasser, eingesäet in $^1/_2$ ccm 25 000 bis 26 000 Temperatur 12° C.	4 Tagen	9 Tagen	14 Tagen	Gelber Kokkus aus Luft. Temperatur 5° C.		3 Tagen	10 Tagen
Geschütteltes, zugeschmolzenes, halb gefülltes Kölbchen	16 000	Geschütteltes, zugeschmolzenes, ganz gefülltes Kölbchen	1 100 000 1 000 000	830 000 930 000	1 250 000	Geschütteltes, halb gefülltes, zugeschmolzenes Kölbchen	42 300 38 400	20 900 21 600	4 200 4 732
Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	18 750	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	900 000 1 050 000	900 000 900 000	1 240 000 1 190 000	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	40 000 42 500	18 800 17 160	3 200 2 500
Geschütteltes, offenes Kölbchen	22 500	Geschütteltes, offenes Kölbchen	1 080 000 1 100 000	1 250 000 bis 1 500 000	1 800 000	Geschütteltes, offenes Kölbchen	37 700 37 500	3 600 4 800 (unrein)	—
Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	21 100	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	1 150 000 1 050 000	1 185 000	1 480 000	Ungeschüttelte, sonst gleiche Controlflüssigkeit	39 000 39 000	13 200 14 000	1 630 1 275
Sich drehendes, halb gefülltes Glasrohr	24 300					Sich drehendes, halb gefülltes Glasrohr	35 700 38 000	11 100 9 600	2 160
Ruhig stehende Controlflüssigkeit	27 000					Zur Controle diente das ungeschüttelte, halb gefüllte, zugeschmolzene Kölbchen mit 40 bez. 42 500 Keimen			

verminderte sich nach 8 Tagen auf 259, nach 22 Tagen auf 127; der einfach geschüttelte vermehrte sich in denselben Zeiten auf 1366 und 4625, der mit Glasperlen geschüttelte hatte nach 8 Tagen bis auf 76200 zugenommen und nach 22 Tagen wieder bis zu 750 abgenommen. Zugleich waren die überlebenden Mikroben, „*asphyxiated*", in ihrer Entwickelung behindert worden, denn sie entwickelten sich langsamer und verflüssigten die Gelatine nicht so rasch, als sie das vorher gethan hatten.

Meltzer schliesst aus seinen Versuchen, dass viele Bakterienarten durch starkes Schütteln, andere schon durch blosses Vibriren (in einem Maschinenhause) zerstört werden, während wieder andere am Leben bleiben und auf die Bewegung als auf einen Reiz durch Vermehrung reagiren.

Diese Schlussfolgerungen Meltzer's dürften so ziemlich das Richtige treffen; die Art der Erschütterung und die Art der Bakterien sind von Einfluss auf den Schlusseffect.

Im Grossen lässt sich der Einfluss der Bewegung an den Leitungswässern studiren. In Berlin[1]) enthielt im Jahre 1884/85 das filtrirte Wasser des Stralauer Werkes durchschnittlich 90 auf Gelatine wachsende Bakterien. Die Ausflussöffnungen in der Schmidtstrasse und Weinmeisterstrasse lieferten, wie aus dem Chlorgehalt ersichtlich ist, filtrirtes Stralauer Wasser. Sie enthielten in dem angegebenen Zeitabschnitt durchschnittlich 66, bezüglich 43 Bakterien. Danach hatten sich die Mikroorganismen auf ihrem Wege bis zum Ausflusshahn, wozu sie nicht mehr als fünf bis acht Stunden gebrauchen, nicht unwesentlich vermindert. Das Jahr 1885/86 zeigt indessen diese Verhältnisse nicht. Der durchschnittliche Keimgehalt des filtrirten Wassers betrug 180 pro Cubikcentimeter; in der Schmidtstrasse fanden sich 177, in der Weinmeisterstrasse 184 Keime pro Cubikcentimeter. Es war also weder eine Vermehrung noch eine Verminderung der Keime eingetreten.

Die Innsbrucker[2]) Quellen sind von der Stadt 4 bis 6 Stunden entfernt. Während in den Monaten Juli, August und September bei einer Wassertemperatur von 8,2° C. die Quellen zwischen 7 und 9 Bakterien pro Cubikcentimeter Wasser enthielten, schwankte die Zahl der Mikroorganismen in dem den Zapfhähnen der Stadt entnommenen Wasser nur zwischen 9 und 11.

Einen auffälligen Unterschied zwischen dem Keimgehalt des Wassers des Hauptsammelbrunnens und des Wassers aus einem

[1]) Nach der schon öfter citirten Arbeit von G. Wolffhügel, den Berliner Magistratsacten und der Arbeit von Plagge-Proskauer.

[2]) Zeitschrift für Hygiene 9, 115.

Auslasshahn wies Breunig[1]) für Kiel nach. Im Sammler fanden sich im Durchschnitt aus acht Einzelbeobachtungen 2786 Keime, am Hahn einer entlegenen Entnahmestelle 639. Dieser Befund war regelmässig. Einen Grund für diese Differenz vermochte Breunig seiner Zeit nicht anzugeben.

Fischer[2]) hingegen erklärt die Erscheinung durch den Nachweis einer stagnirenden Wasserschicht in dem Sammelbrunnen, welche sich oberhalb des Kopfes des Saugrohres befindet; hier entwickeln sich die Bakterien in grossen Mengen, während in den tiefer unterhalb des Saugkopfes gelegenen Bezirk bakterienarmes oder bakterienfreies Grundwasser eindringt. Werden aus dem oberen Bezirk Proben geschöpft, so werden viele Bakterien gefunden, während das aus den tieferen Brunnenschichten gepumpte Wasser des Rohrsystems wenig Bakterien enthält. — Auf diesen Punkt ist bei der Entnahme von Wasserproben zu achten!

Nach allen diesen Beobachtungen darf man annehmen, dass die Bewegung, welche die Bakterien im Wasser unter gewöhnlichen Umständen erleiden, an sich keinen nennenswerthen Einfluss auf die Vermehrung oder Verminderung der Mikroorganismen ausübt.

Man hat sich gewöhnt, ausser günstigen Ernährungsbedingungen und ausreichend hoher Temperatur auch das „Stagniren des Wassers“ als einen wesentlichen Factor für die Vermehrung der darin enthaltenen Bakterien anzusprechen. Aber nicht die Ruhe, nicht das Stagniren als solches bewirkt die Vermehrung — in manchen Fällen findet während der Stagnation auch Abnahme statt —, sondern die Vermehrung wird bedingt durch die mehr oder minder günstigen Verhältnisse, welche während einer gewissen Zeit auf die Mikroben des Wassers einwirken.

Es empfiehlt sich daher, den Ausdruck Stagnation nur dann zu gebrauchen, wenn keine Lebensbedingungen specialisirt sind, ihn aber fortzulassen und von Zeit oder Länge der Einwirkung etc. zu reden, wenn die besonderen Verhältnisse namhaft gemacht sind.

Die Zeit, welche die Mikroorganismen gebrauchen, um sich zu vermehren, ist von allen denjenigen Factoren abhängig, welche auf das Wachsthum derselben überhaupt einwirken. Unter den günstigsten Verhältnissen verdoppelten sich nach den Untersuchungen von

---

[1]) Bakteriologische Untersuchung des Trinkwassers der Stadt Kiel im August und September 1887. Kiel 1888.

[2]) Zeitschrift f. Hygiene und Inf. 13, 277.

Buchner, Longard und Riedlin[1]) die Cholerabacillen in etwa 20 Minuten. Es kann aber unter ungünstigen Lebensbedingungen diese Verdoppelung vielleicht in ebenso viel Stunden, vielleicht sogar in ebenso viel Tagen erfolgen, bis zuletzt das Absterben die Vermehrung überwiegt und Abnahme eintritt.

F. Das Niedersinken der Mikroorganismen im Wasser; ihr Vorkommen in verschiedenen Wassertiefen.

Man sieht in geimpften, ursprünglich durchsichtigen Nährflüssigkeiten, dass sich die allmählich in Folge der Bakterienentwickelung auftretende Trübung später wieder aufhellt, während zu gleicher Zeit ein weisslicher oder gelblicher Bodensatz entsteht. Versuche haben ergeben, dass aus diesem Sediment bei Uebertragung auf Platten mehr Colonien als aus der darüber befindlichen klaren Flüssigkeit wachsen. In den Nährlösungen verhalten sich aber nicht alle Mikroorganismen gleich: die Milzbrandbacillen z. B. senken sich zu Boden, während die Heubacillen sich zum Theil an die Oberfläche begeben und dort eine feste Haut bilden, zum Theil aber sich als krümelige Massen unten in der Flüssigkeit ablagern. Die Choleravibrionen streben mit grosser Energie nach oben und entwickeln sich dort mächtig, während die in der Tiefe des Nährmaterials befindlichen Choleravibrionen nur ein kümmerliches Dasein fristen.

Ueber das Niedersinken der Mikroorganismen im Wasser bringt Cramer einige Angaben.

Er liess Wasser 70 Tage lang stehen und entnahm dann aus der halben Höhe einen Cubikcentimeter Flüssigkeit, welcher 170 entwickelungsfähige Keime enthielt. Darauf schüttelte er die Flasche, hob eine andere entsprechende Probe heraus und fand nun 2500 Colonien pro Cubikcentimeter auf der Platte. Dieser Versuch spricht für eine ungleiche Vertheilung der Bakterien in dem betreffenden Wasser, lässt es aber unentschieden, ob das Mehr an Keimen sich an der Oberfläche — wir erinnern an die Bakterienhäute — oder am Boden und den Wänden der Flasche befunden habe.

Fol und Dunant bestimmten den Gehalt verunreinigten, mit aufgewühltem Schmutz vermischten Genfer Seewassers mit 150000 Bakterien pro Cubikcentimeter. Sie überliessen das Wasser in

[1]) Ueber die Vermehrungsgeschwindigkeit der Bakterien. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde 2, 1.

einem 40 cm hohen, 10 cm weiten Gefäss sich selbst und fanden nach 8 Tagen 12000 und nach 3 Wochen nur noch 7000 Spaltpilze. Ob die Autoren den eventuell vorhandenen Bodensatz aufgerührt haben, wird nicht angegeben.

Bolton liess hohe Gefässe mit nicht sterilisirtem Wasser bei niedriger Temperatur stehen und entnahm dann Wasserproben von der Oberfläche, wie auch mittelst langer Pipetten vom Boden der Gefässe.

Die erhaltenen Resultate waren folgende:

Zahl der Colonien pro Cubikcentimeter	von der Oberfläche	aus der Mitte	vom Boden
Probe 1 nach 20 stündigem Stehen	2 120 2 240	—	48 460 44 980
„ 2 „ 24 Stunden	23 760 24 000	7320 7500	13 060 14 000
„ 3 „ 2 Tagen	11 740 11 140	—	25 940 27 520
„ 4 „ 3 „	1 720 2 040	—	1 920 1 200
„ 5 „ 4 „	2 280 3 840	—	9 580 10 549

Dreimal war also die Bakterienzahl am Boden grösser als an der Oberfläche, einmal waren die Zahlen einander gleich, und einmal übertraf die Oberfläche den Boden um das Doppelte an Mikroorganismen.

Drei andere Wasserproben wurden nach einem Zeitraum von 7 Monaten untersucht, in allen dreien fanden sich an der Oberfläche keine Bakterien. Dagegen ergab die Untersuchung nach dem Umschütteln 540 bis 760 Keime im Cubikcentimeter.

Heraeus liess zwei Flaschen mit Wasser, welches 150 Keime im Cubikcentimeter enthielt, bei 10° C. acht Wochen lang stehen. Nach dieser Zeit betrug die Zahl der Bakterien im Cubikcentimeter:

Flasche I. oben 660000; Flasche II. oben 1104000
„ „ „ n. d. Schütteln 1056000; „ „ unten 1222000

Wiesbadener Leitungswasser stand in einem 25 cm hohen Glascylinder 4 Wochen im Eisschrank und enthielt in der obersten Schicht vor und nach dem Umschütteln 3000 Keime im Cubikcentimeter.

Alle weiteren Versuche führten Heraeus zu denselben Resultaten; er glaubt daher, ein Niedersinken der Bakterien im Wasser nicht annehmen zu dürfen.

Zweifellose Sedimentirung konnte hingegen Hueppe nachweisen. In einem Wasser, welches anfänglich 750 Keime enthalten hatte, fanden sich nach zwei Monaten oben 660 000, aber nach dem Umschütteln 1 056 000 Keime; Leitungswasser mit einem Anfangsgehalt von 16 Bakterien enthielt nach derselben Zeit, während welcher es bei 10° C. gestanden hatte, oben 11 280 und unten 123 750 Keime; Brunnenwasser mit 560 Bakterien hatte unter den gleichen Bedingungen oben 41 670 und unten 130 000 Bakterien.

Die vorstehend angegebenen Forscher haben mit Bakteriengemischen gearbeitet. Nun ist kaum zu bezweifeln, dass die verschiedenen Arten der Mikroorganismen sich bei dem Niedersinken im Wasser verschieden verhalten.

Die unbeweglichen Arten der Mikroben sollten sich der Annahme nach im Wasser früher als die beweglichen Arten absetzen. Von diesem Gesichtspunkte aus haben wir eine Anzahl von Versuchen angestellt und die Resultate hierunter angegeben.

Mikroorganismen	Entnahmestelle	Keimzahl in 1 ccm nach Tagen			
		1	2	3	4
Grüner beweglicher fluorescirender Bacillus aus Wasser in einer 5 Liter-Flasche mit 20 cm hoher Schicht sterilisirten Leitungswassers, Temperatur 18 bis 20° C.	1 cm unter d. Oberfläche	164 400	226 000 218 000	288 000 268 000	346 000 344 000
	direct am Boden	173 600	232 000 234 000	286 000 254 000	384 000 388 000
				geschüttelt 288 000	geschüttelt 368 000
Gelber unbeweglicher Kokkus[1]) aus Luft unter denselben Bedingungen	1 cm unter d. Oberfläche	25 700 28 200			
	direct am Boden	25 200 28 000			
		geschüttelt 22 000			

Ein 60 cm langes, 2,5 cm weites Glasrohr, mit sterilisirtem Leitungswasser gefüllt, welches im Cubikcentimeter 11 000 grüne,

[1]) Die bis jetzt bekannten Kokken sind bis auf ganz wenige Arten unbeweglich.

bewegliche, fluorescirende Bacillen enthielt, wurde bei 5° C. 10 Tage lang in einem nur mässig belichteten Kellerraume sich selbst überlassen und zeigte nach dieser Zeit:

Im Cubikcentimeter	1 cm unter der Oberfläche	910 000 960 000
	direct am Boden	850 000 900 000

Dasselbe Rohr, einen grünen, nicht fluorescirenden, beweglichen Bacillus aus Wasser enthaltend, und zwar zu 8000 im Cubikcentimeter, zeigte nach 10 Tagen ruhigen Stehens bei 12° C.:

Im Cubikcentimeter	1 cm unter der Oberfläche	777 800 728 000
	direct am Boden	620 000 654 000

Ein weisslicher Kokkus aus Wasser, zu 17000 bis 18000 im Cubikcentimeter, verhielt sich in einem Rohre von 54 cm Länge und 2,5 cm Weite wie folgt:

Entnommen	Lebensfähige Keime im Cubikcentimeter		
	nach 10 tägigem Stehen bei 5° C.	nach wiederum 10 tägigem Stehen bei 12° C.	nach wiederum 20 tägigem Stehen bei 10° C.
1 cm unter der Oberfläche	2200 2500	510 000 466 000	400 000 410 000
direct am Boden	4040 5000	500 000 500 000	295 000 320 000

Die mitgetheilten Zahlen lassen ersehen, dass bei der von uns gewählten Versuchsanordnung die beweglichen und die unbeweglichen Bakterien sich nicht zu Boden gesenkt haben.

Scheurlen[1]) brachte in 17 cm hohe Röhrchen Suspensionen von beweglichen Bakterien, *Bac. typhosus*, *Bac. megatherium*, Bacillus der rothen Milch, *Proteus vulgaris*, *Prot. mirabilis* und *Spirill. cholerae asiaticae*, und fand, dass im Laufe von vier Tagen die ersten vier Mikrobenarten zum grossen Theil zu Boden sanken, während die

[1]) Ueber die Wirkung des Centrifugirens auf Bakteriensuspensionen etc. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte 7, 269.

beiden zuletzt erwähnten gleichmässig im Wasser suspendirt blieben. Das gleiche Verhalten zeigte sich, als die sechs Bacteriensuspensionen centrifugirt wurden.

Schäfer[1]) fand bei einer zwei Minuten dauernden Anwendung einer schwachen Centrifuge, dass die Flüssigkeit in der Mitte des Glases etwa halb so viel Bakterien enthielt, als der Bodensatz.

Wir konnten mit einer kräftigen Centrifuge in 20 Minuten gegen 90 Proc. der Bakterien eines typhusverdächtigen Wassers ausschleudern. Denselben Procentsatz erreichte übrigens Schäfer, als er dem auszuschleudernden Wasser fein gepulverten Talk zusetzte.

Bei den Sedimentirungsversuchen ist immer zu berücksichtigen, dass die erhaltenen Zahlen die Resultate sind aus einer Senkung und aus einem mehr oder minder starken Absterben, bezüglich einer mehr oder minder starken Vermehrung der Mikroben in den oberflächlichen und den tiefen Wasserschichten, wobei nicht feststeht, ob das Vermehren und das Absterben in allen Schichten des Wassers das gleiche ist.

Unsere Versuchsreihe bietet nach dieser Richtung hin einiges Interesse. Nach den ersten 10 Tagen, in welchen die Temperatur niedrig war, fand sich am Boden die doppelte Keimzahl wie an der Oberfläche. Durch Erhöhung der Wärme wurden günstigere Bedingungen geschaffen; die Kokken waren nach weiteren 10 Tagen gleichmässig durch das Wasser vertheilt. Als nach wiederum 20 Tagen, in welchen die Temperatur etwas ungünstiger war, nochmals untersucht wurde, war das Absterben in der Tiefe grösser als an der Oberfläche. Es hatte sich somit das Verhalten der Organismen, soweit ihre Anordnung an der Oberfläche oder in der Tiefe in Frage kommt, innerhalb von 40 Tagen vollständig umgekehrt. Möglich ist, dass der Luftsauerstoff günstig auf die Erhaltung der Art einwirkte, jedenfalls wird die Grösse des Luftbedürfnisses der einzelnen Arten von entscheidender Wirkung auf das Sedimentiren lebender Mikroorganismen sein.

Rubner[2]) hing in einen Brunnen Glaskolben hinein, die mit Brunnenwasser gefüllt waren, und entnahm mehrere Tage später nach dem Umschütteln aus ihnen und aus dem freien Brunnenwasser Proben, wobei erstere bis zu unzähligen Keimen im Cubikcentimeter enthielten, während letzteres seinen Bakteriengehalt, ungefähr 1000, nicht verändert hatte. Gegen diese Versuche lässt

[1]) Ueber den Desinfectionswerth des Aethylendiaminsilberphosphats etc. Zeitschr. f. Hygiene u. Inf. 16, 189.

[2]) Archiv f. Hygiene 11, 365.

sich einwenden, dass nach Brödtler's[1]) Untersuchungen die Flächen der Gefässe Ansiedelungs- und Vermehrungsgelegenheiten darstellen. Rubner hing dann, um den Beweis noch weiter zu führen, Reagensgläser in den Brunnen hinein, einige mit der Oeffnung nach oben, andere mit der Oeffnung nach unten; erstere enthielten in vier Fällen nach einigen Tagen viele Bakterien, letztere hingegen weniger. Die zwei anderen Versuche (Nr. 2 und 4) aber sprechen nicht für die Sedimentirung. Ein stricter Beweis für das Niedersinken ist durch die Rubner'schen Versuche also auch nicht erbracht.

Emmerich[2]) lieferte denselben für Milzbrandsporen, die er in einen Brunnen schüttete. Bald nachher entwickelten sich aus 1 ccm Brunnenwasser 208, nach 12 Stunden 60, nach 30 Stunden 0, nach fünf Tagen nochmals 40 Milzbrandcolonien, darauf keine mehr. Im Brunnenwasser wachsen weder die Sporen rasch zu Stäbchen aus, es tritt also keine Vermehrung ein, noch sterben sie in kurzer Zeit ab. Das specifische Gewicht der Sporen ist jedoch ein grösseres, als das der Bacillen, und somit wird die Sedimentirung rascher erfolgen.

Als Rubner den Schlamm jenes $^1/_2$ Jahr alten Brunnens aufrührte, fanden sich in 1 ccm des trüben Wassers $1^1/_2$ Millionen Bakterien, was für ein Niedersinken der Bakterien, oder für ihr Wachsthum im Schlamm, oder, das Wahrscheinlichste, für beides spricht.

Chasanow[3]) und Kotzin[4]) untersuchten die Sedimentirung der Bakterien in einem Reservoir, wohin Morgens das Wasser für das Dorpater Universitätsgebäude gepumpt wurde, und sie fanden fast regelmässig, dass die Zahl der Bakterien Nachmittags geringer war als Morgens, und ferner, dass die oberen Schichten weniger Bakterien enthielten, als die tieferen.

Percy Frankland[5]) untersuchte das in zwei Klärbecken des West Middlesex Wasserwerkes einströmende Themsewasser, und nach einigen Tagen das Wasser der Bassins. Er fand, im Themsewasser, vor dem Sedimentiren 1437, nach dem Verweilen im ersten Bassin 318, nach dem Verweilen im zweiten 177 Bakterien im Cubikcentimeter. Bei der Anlage des New River-Werkes ergaben sich ihm unter denselben Verhältnissen die Zahlen 677, 560 und 183.

---

[1]) Dissertation. Berlin 1891.
[2]) Münch. med. Wochenschrift 1888, Nr. 18.
[3]) Dissertation. Dorpat 1892.
[4]) Dissertation. Dorpat 1892.
[5]) Centralbl. f. Bakt. u. Par. 1893, 2, 125.

So viel geht immerhin aus der Gesammtzahl der Versuche hervor, dass das Sedimentiren nicht geleugnet werden kann. Schon der erste über sieben Monate sich erstreckende positive Versuch von Bolton ist nach dieser Richtung beweisend.

Ueber das Sedimentiren der Bakterien in grösseren, in der Natur vorkommenden Wassermassen liegen wenig Beobachtungen vor. Im Capitel VIII haben wir gezeigt, dass im Allgemeinen der Gehalt der grösseren Seen an Mikroorganismen, besonders weiter vom Ufer entfernt, ein recht geringer ist. Die Flüsse werden, auch wenn sie gewöhnlich nicht viel Bakterien enthalten, doch grosse Mengen derselben zur Zeit der Regen in die Seen spülen. Man sollte demnach erwarten, dass der Bakteriengehalt der Seen wenigstens zu Zeiten ein sehr reichlicher wäre, was jedoch nicht der Fall zu sein scheint. Man darf nun schliessen: „Das Flusswasser ist zeitweise keimreich, das Seewasser ist keimarm und der Schlamm am Boden der Seen ist keimreich, also muss ein Sedimentiren der Mikroorganismen stattgefunden haben.“ Es liegen bereits (s. S. 488) so viele Beobachtungen über den Keimreichthum des Schlammes in weiterer Entfernung vom Ufer vor, dass eine derartige Folgerung gerechtfertigt ist. Indessen ist hierbei nicht zu vergessen, dass der Schlamm des Bodens ein guter Nährboden ist, in welchem ausserdem die schädigende Wirkung des Lichtes nicht mehr zur Geltung kommt; es ist daher eine Vermehrung der niedergesunkenen Bakterien am Boden der Gewässer wahrscheinlich. Wenn auch der Schlamm sehr keimreich ist, so ist damit nicht gesagt, dass die tieferen Wasserschichten mehr Keime als die oberen enthalten. Rubner hat allerdings in seiner schon mehrfach erwähnten Arbeit das specifische Gewicht der Bakterien mit 1,038 und 1,065 festlegen können. Indessen macht sich der Einfluss des Luftsauerstoffes, der Strömungen, der Temperatur etc. geltend und trübt das Bild. So konnte Rubner selbst in seinem Versuchsbrunnen zweimal eine erhöhte Bakterienzahl in der Tiefe nachweisen, 570 bezw. 920 Mikroben im Cubikcentimeter an der Oberfläche und 1830 bezw. 1433 ccm über dem Boden, während im dritten Falle die Menge der Bakterien an beiden Orten gleich war, sie betrug oben 1650, unten 1550.

Fol und Dunant fanden an der Oberfläche des Genfer Sees in drei Versuchen 26, 30 und 90, in 2 bis $2^1/_2$ m Tiefe 16, 41 und 43 bis 50 Bakterien pro Cubikcentimeter Wasser.

Ueber den Keimgehalt, welchen das Wasser des Züricher Sees in verschiedenen Tiefen zeigt, macht Cramer die folgenden Angaben:

Am 5. December 1884, einem stürmischen Tage, ergaben im Mittel:

3 Versuche mit Wasser	von 0,5 m unter der Oberfläche	61
3 „ „ „	„ 80 m Tiefe, 2 m üb. d. Grunde	57
3 „ „ „	„ 0,5 m unter der Oberfläche	58
3 „	in 18 m Tiefe und 2 m über dem Grunde	143
	am 16. Juni:	
4 Versuche mit Wasser	von der Oberfläche	36
3 „ „ „	aus 4 m Tiefe	37
4 „ „ „	„ 6 m „	21
	am 20. Juni:	
8 Versuche mit Wasser	von der Oberfläche	81
4 „ „ „	aus 4 m Tiefe	175
4 „ „ „	„ 8 m „	92
4 „ „ „	„ 12 m „	167

entwickelungsfähige Keime pro Cubikcentimeter.

Aus diesen und den auf Seite 487 u. 488 angegebenen Zahlen lässt sich also ein grosser Unterschied in der Keimzahl der verschiedenen Wassertiefen nicht folgern.

Die Thatsache steht fest, dass ein Wasser schon relativ kurze Zeit nach der Verunreinigung mit einer grossen Zahl von Bakterien derselben wieder verlustig gehen kann.

Einige Beispiele dieser Art sind Seite 477 bis 484 angeführt.

Zweifellos hat die Sedimentirung auf die Reinigung der Flusswässer einen nicht zu verkennenden Einfluss, indessen ist das Niedersinken der lebenden Mikroorganismen nicht die einzige Ursache des Verschwindens der Bakterien aus dem Wasser.

Die anorganischen und abgestorbenen organischen, im Wasser enthaltenen Theile sinken zu Boden, sofern sie schwerer sind als das Wasser. Dieser Vorgang wirkt ebenfalls auf die Entfernung der Mikroorganismen aus dem freien Wasser ein, indem die niedersinkenden Stoffe mechanisch einen Theil der Bakterien mit sich reissen. Den experimentellen Beweis für diese Behauptung hat P. Frankland durch seine bereits erwähnten Schüttelversuche erbracht.

Noch beweisender, weil den natürlichen Verhältnissen mehr entsprechend, sind die Versuche von Krüger[1]). Derselbe schüttete

[1]) Die physikalische Einwirkung von Sinkstoffen auf die im Wasser befindlichen Mikroorganismen. Zeitschr. f. Hygiene 7, 86.

chemisch indifferente Stoffe (Thon, Calciumcarbonat, Kieselguhr, Aluminiumoxyd, Ziegelmehl, Holzkohle, Koks, Sand) in hohe Gefässe mit Wasser, welches unbewegliche, im Wasser häufig vorkommende Bacillen enthielt. Ganz regelmässig, und zwar um so mehr, je langsamer der eingeführte Stoff niedersank, wurde ein grosser Theil der Bacterien mit zu Boden gerissen.

Bratanowicz[1]) machte ähnliche Versuche, er warf Kreide, Thon, Koks, Sand etc. in einen Brunnen, und konnte gleichfalls ein erhebliches Absinken der Keimzahl constatiren.

Eine nicht geringe Anzahl von Bakterien wird ferner durch die im Wasser selbst entstehenden Niederschläge entfernt. Zumal die beim Entweichen von Kohlensäure aus den Bicarbonaten des Calciums, Magnesiums und Eisens entstehenden unlöslichen Carbonate schliessen Bakterien ein und führen dieselben mit in die Tiefe. In den Krüger'schen Arbeiten sind auch hierüber beweisende Zahlenangaben gemacht.

Ferner bringt P. Frankland dafür gute Beobachtungen. Hartem Brunnenwasser wurde so viel Kalkwasser zugesetzt, dass der gesammte kohlensaure Kalk ausfiel. Durch dieses Verfahren wurden zwischen 52 und 99 Proc. aller Bakterien nach kurzer Sedimentirung entfernt.

Die Methode, durch Erzeugung voluminöser Niederschläge mit Hülfe hinzugefügter Chemikalien Abwässer von den darin suspendirten Partikeln, also auch von den Mikroorganismen, zu befreien, ist schon alt und hat sich im Allgemeinen bewährt.

Andererseits sind die niedersinkenden Stoffe zum Theil auch organischer Natur und daher gute Nährstoffe für die Bakterien; sie bilden Nahrungscentren, in deren nächster Nähe die Mikroorganismen in grosser Zahl vorhanden sind, während sie in weiterer Entfernung davon entweder fehlen oder doch seltener sind. Fallen die guten Nahrungsstoffe langsam zu Boden, so folgen die beweglichen Bacillen denselben spontan; die unbeweglichen werden zum Theil eingeschlossen zwischen den einzelnen Fäserchen des Nährsubstrats mit niedergerissen, zum Theil aber von den gröberen Klümpchen angezogen und mit in die Tiefe genommen.

Diejenigen Mikroorganismen aber, welche sich von dem grösseren guten Nährkörper trennen, werden in dem Wasser mit der gerade vorhandenen Nährsubstanz vorlieb nehmen müssen. Entsprechend der Art werden einige Mikroorganismen dazu im

[1]) Keimgehalt des Grundwassers in Dorpat und Brunnendesinfectionsversuche. Dissertation 1892.

Stande sein, andere aber nicht; die letzteren sterben in Folge dessen ab.

Von den Mikroorganismen, welche in einen Fluss eintreten, gehören relativ wenige dem Wasser selbst an. Die meisten kommen von der Erdoberfläche, mit den Fäcalien, mit den Hausabwässern etc. in den Strom, aber alle entstammen Medien, welche reicher an Nährsubstanzen sind als das Flusswasser. Sie gelangen also von besseren Lebensbedingungen in schlechtere, und vor Allem ist das der Fall, wenn die suspendirten Partikelchen, die Nährstoffe, ausgefallen sind. Die Folge wird sein, dass alsdann die „fremden" Bakterien wegen der schlechten Ernährungsbedingungen bald absterben, woraus eine bedeutende Abnahme der Mikroorganismen resultirt.

Hierzu kommt dann noch die abtödtende Eigenschaft des Lichtes, welche von Buchner in so schöner Weise für einige Bakterien nachgewiesen ist. Weitere Versuche müssen lehren, wie weit das Licht zerstörend auf die grosse Masse der in den Schmutzwässern enthaltenen Mikroorganismen einwirkt. Von vornherein ist aber die Annahme gerechtfertigt, die Wirkung des Lichtes sei dabei eine bedeutende, denn einerseits hat die Mehrzahl der in Frage kommenden Bakterien bis dahin im Dunklen gelebt, Koth-, Erdbacillen u. s. w., und andererseits concurriren die schädigenden Momente insofern, als niedrigere Temperatur, schlechtes Nährmaterial und Lichtwirkung zusammen kommen, letztere wahrscheinlich zum grösseren Theil in der Form des Wasserstoffsuperoxyds (Dieudonné S. 581).

Soweit bis jetzt unsere Erfahrungen reichen, ist die Selbstreinigung der Flüsse zurückführen:

1. auf das Absterben derjenigen Bakterien, welche nicht zu den anspruchslosen Arten, zu den sogenannten Wasserbakterien gehören, oder welche gegen Lichtwirkung empfindlich sind;
2. auf ein Niedersinken von bewegungslosen Mikroben oder von Dauerformen beweglicher Bakterien;
3. auf ein spontanes Niedergehen der Bakterien mit den festen Stoffen, welche Nahrungscentren bilden;
4. auf ein mechanisches Mitgerissenwerden der Mikroorganismen durch die Sinkstoffe.

Das Verschwinden der Bakterien aus dem Wasser bildet einen Theil der Processe, welche man „Selbstreinigung" nennt und die kurz auf Seite 10 dieses Buches besprochen sind.

Sehr günstige Verhältnisse bietet die Spree. Der Havelsee mit seinem sehr langsam fliessenden Wasser und seiner geringen Schifffahrt bildet für die Spree ein mächtiges „Klärbassin", wo das Schmutzwasser der Stadt Berlin mit reinem Seewasser in ganz erheblichem Grade verdünnt wird, und wo die Bakterien, die in dem klaren Wasser starker Belichtung ausgesetzt sind, zu Boden sinken. So ist es erklärlich, dass die Spree mit 190 000 Keimen im Cubikcentimeter Wasser in den 12 km langen See eintritt und ihn mit 9000 Bakterien im Cubikcentimeter wieder verlässt.

Allerdings haben nur wenige Flüsse den Vorzug, „Klärbassins" in ihrem Laufe zu besitzen, um darin ihre Sinkstoffe abzusetzen; die meisten Flüsse werden daher die suspendirten Stoffe und darunter die Mikroorganismen auf grössere Strecken und während einer längeren Zeit fortführen, als das die Spree thut.

Ausser der Eigenart der suspendirten Substanzen kommt bei der Ablagerung die Tiefe des Flusses, sein Wassergehalt, die Configuration des Bodens und der Ufer, sowie die Schnelligkeit des Stromes in Betracht. In den Theilen des Flusses, in welchen die Strömung eine langsamere ist, kommen die schwebenden Stoffe zuerst zur Ruhe. Dort werden im gegebenen Falle Schlammbänke entstehen können, und die in denselben vorgehenden Zersetzungen werden je nach der Art der Stoffe, der Art der Bakterien, der Temperatur, der Durchlüftung und Durchfeuchtung verschieden sein; es finden dort Oxydationen sowie Reductionen statt.

Die Verunreinigung der Flüsse durch die menschliche Oekonomie und Industrie ist zuweilen eine sehr erhebliche und hat an manchen Orten zu berechtigten Klagen geführt. Ob eine Verunreinigung als lästig empfunden wird, hängt in erster Linie von dem Verhältnisse der Schmutzstoffe zur Wassermasse ab; sodann aber kommt die Beschaffenheit der Schmutzstoffe in Betracht; es macht einen Unterschied, ob z. B. Farbstoffe oder die Abwässer einer Zuckerfabrik oder städtische Abwässer in das Wasser gelangen; man kann also nicht alle Verunreinigungen mit demselben Maassstabe messen.

Aus diesen Verschiedenheiten folgt in Verbindung mit der Eigenart der Wasserläufe naturgemäss, dass auch die sogenannte Selbstreinigung des Wassers der Flüsse eine verschieden lange Zeit und damit eine verschieden grosse Strecke des Flusslaufes in Anspruch nehmen wird. Die *River pollution Commission* hat nachgewiesen, dass in England kein Fluss so lang ist, um aller in seinen Oberlauf gelangten Verunreinigungen wieder ledig zu werden. Von den grossen Strömen des Festlandes lässt sich

das nicht sagen: Es muss, wie schon erwähnt, individualisirt werden.

Man betrachtet einen Fluss dann wieder als rein, wenn das Wasser sich aller aufgenommenen Schmutzstoffe so entledigt hat, dass es in seiner Zusammensetzung und in seinem Aussehen seinen früheren Stand wieder eingenommen hat.

Bis vor Kurzem hat man zum Zwecke des Nachweises der Verunreinigung und der Selbstreinigung allein die chemischen Methoden benutzt. Man bestimmte vornehmlich die gelöste organische Substanz, das Ammoniak, die salpetrige Säure, die Salpetersäure und die suspendirten Substanzen im Schmutzwasser und im Flusswasser vor und nach der Zumischung des Schmutzwassers.

Allein diese Kriterien genügten nicht für alle Fälle. Hulva hat desshalb versucht, zur besseren Beurtheilung der Verunreinigung, welche die Oder durch die Abwässer Breslaus erleidet, auch das durch das Mikroskop wahrnehmbare thierische und pflanzliche Leben oberhalb und unterhalb der Einmündung der Canäle mit in Rücksicht zu ziehen, und merkliche Unterschiede gefunden [1]).

Seit der genaueren Kenntniss der Mikroorganismen hat man diese mit gutem Erfolg zu dem obigen Zwecke verwerthet.

Zunächst ist die bakteriologische Methode geeignet, schnell kommende und schnell gehende Verunreinigungen eines Wassers, wie sie z. B. durch Regengüsse erzeugt werden, rasch und leicht zu constatiren. Es genügt, die Zahl der nach derVerunreinigung gefundenen Mikroorganismen zu bestimmen und mit der vor der Verunreinigung erhaltenen Zahl zu vergleichen, um ein ungefähres Bild von dem Grade der Verschmutzung zu erhalten. Ebenso zeigt die Rückkehr zur gewöhnlich vorhandenen Bakterienzahl, dass die abnormen Verhältnisse geschwunden sind.

Viel wichtiger jedoch ist die bakteriologische Untersuchung zur Abschätzung des Grades und der Dauer der durch städtische Abwässer etc. bewirkten Verunreinigung. Frank hat zuerst die bakterioskopische Methode auf die Berliner Verhältnisse angewendet und sie bewährt gefunden. Die Bestimmung der schwebenden Bestandtheile ist von Frank nicht ausgeführt worden; dahingegen hat er die gelösten Substanzen genau bestimmt, wobei sich ergab, dass die Unterschiede nicht so bedeutend waren, um mit Sicherheit die zuerst zunehmende, später wieder abnehmende Ver-

[1]) Beiträge zur Schwemmcanalisation und Wasserversorgung der Stadt Breslau.

schmutzung schrittweise verfolgen zu können. Diese Aufgabe wurde aber leicht und in anschaulichster Weise durch Bestimmung der Bakterienzahl ermöglicht. In gleicher Weise hat Praussnitz für München gearbeitet, während Schlatter für Zürich sich mit der bakterioskopischen Methode allein begnügte. Die Frank'schen Befunde zeigen, dass nach 12 km die Spree den Havelsee mit derselben Bakterienzahl verlässt, mit welcher sie am „Oberbaum" in den Bezirk der Stadt eingetreten ist. Für die Limmat sank der Bakteriengehalt in 11 km, welche der Strom durchlaufen hatte, nicht wieder auf die ursprüngliche Zahl, etwa 200 Bakterien im Cubikcentimeter, herab, er betrug dort noch bis zu 5000. Ebenso wenig war die Isar in Freising, d. h. nach einem Laufe von 33 km, aller Bakterien verlustig gegangen, welche sie durch die Canäle Münchens erhalten hatte; oberhalb Münchens fanden sich durchschnittlich 300 Bakterien, bei Freising noch 2300 im Cubikcentimeter. Auch Heider[1]) konnte für Wien nachweisen, dass bei Hainburg, 40 km stromabwärts, der Keimgehalt der Donau um etwa 3000 bis 4000 Keime höher ist, als oberhalb Wiens bei Nussdorf. Die langsam fliessende Lahn (7 m in der Minute) hat schon nach einem Laufe von 7 km fast die ursprüngliche niedrige Bakterienzahl wieder erreicht (1400 : 2630 Bakterien).

Bei der natürlichen oder künstlichen Reinigung eines Wassers, der „Klärung", kommt es entweder darauf an, in dem Wasser vorhandene Krankheitskeime unschädlich zu machen oder ein Wasser vor Fäulniss zu bewahren. Gewöhnlich geschieht ersteres entweder durch Filtration oder durch Zusatz von Desinficientien, welche meistens zugleich voluminöse Niederschläge bilden. Erweist die bakteriologische Untersuchung, dass das betreffende Wasser während irgend einer Periode des Verfahrens keimfrei oder fast keimfrei ist — die bis jetzt bekannten Krankheitserreger, vor Allem Typhus- und Cholerabacillen, sind weniger widerstandsfähig, als die grosse Masse der in den Schmutzwässern vorkommenden Mikroben —, so ist dem Verlangen nach Abtödtung etwaiger Krankheitskeime genügt.

Um das Wasser vor Fäulniss zu schützen, hat man gleichfalls die Filtration angewendet oder Chemikalien hinzugesetzt und dann durch Sedimentiren geklärt. Hierdurch kann man wohl Keimfreiheit, aber nicht die Entfernung der gelösten fäulnissfähigen Stoffe erreichen. Derartige filtrirte oder mit Chemikalien be-

---

[1]) „Untersuchungen über die Verunreinigung der Donau". Das österreichische Sanitätswesen. Prag 1893.

handelte, zwar bakterienfreie, aber fäulnissfähige Wässer bleiben nur so lange vor der Fäulniss bewahrt, wenn sie nicht stark verdünnt, d. h. in grössere Wasserläufe eingelassen werden, als eine ausgesprochene alkalische oder saure Reaction besteht. Sobald auf irgend eine Weise eine leicht alkalische oder neutrale Reaction wieder hervorgerufen ist, wird das Wasser sofort ein günstiger Nährboden für die Mikroorganismen, und die bis dahin verzögerte Fäulniss beginnt. Bei der Beurtheilung solcher Wässer ist also nicht das Fehlen der Mikroorganismen, sondern die Reaction und die Menge der fäulnissfähigen Substanzen von entscheidender Bedeutung. Ueber die Faulfähigkeit eines Wassers entscheidet somit selbstverständlich nicht die bakteriologische, sondern die chemische Untersuchung.

Auch der nach Zusatz von Kalk, dem Hauptklärmittel, entstehende Schlamm ist fäulnissfähig; daher sind Schlammbänke dieser Art möglichst zu vermeiden — durch nur so viel Zugabe von Kalk, als unbedingt nothwendig ist — und rasch durch Baggerarbeiten zu entfernen. Leider ist der Kalkschlamm für die Landwirthschaft fast werthlos.

G. Das Absterben der Mikroorganismen.

Die Lebensdauer der Mikroorganismen kann unter Umständen eine recht lange sein. Von grösstem Einfluss auf dieselbe ist die Bildung von Dauerformen. Die Dauerfähigkeit der Sporen ist eine verschieden lange, ganz abgesehen von den Unterschieden, welche sich zwischen den endogenen Sporen und den Arthrosporen finden. Ausserdem wird die Dauerfähigkeit der Sporen von ihrem Aufenthaltsorte abhängen; es können z. B. diejenigen Dauerformen, welche jahrelanges Austrocknen vertragen, in feuchter Erde oder gar im Wasser entweder bald auskeimen oder mehr oder minder rasch zu Grunde gehen.

Duclaux[1]) konnte in Flüssigkeiten noch nach fünf Jahren lebensfähige Sporen der *Tyrothrix* nachweisen.

Auch nicht sporenbildende Mikroorganismen können unter sonst günstigen Verhältnissen lange ausdauern. Duclaux beobachtete, dass von etwa zehn Mikrokokken eine Art sich länger als drei Jahre in einem flüssigen Medium hielt und dass 12 unter 15 mit Hefe beschickten Ballons nach acht Jahren noch lebensfähige

[1]) Comptes rendus 1885, 9 Janvier. Sur la vitalité des germes de microbes.

Zellen enthielten. Aus 15 unter 65 verschlossenen Kolben, welche von Pasteur zu seinen Versuchen über *Generatio spontanea* gebraucht waren, konnte Duclaux noch nach 20 bis 25 Jahren neue Culturen herstellen. Die Reaction der Flüssigkeit in den fertilen Gefässen war leicht alkalisch, während die sterilen Lösungen entweder stark alkalisch oder sauer reagirten.

Zu den obigen Versuchen sind künstliche Nährlösungen verwendet worden. Dass die Lebensdauer der Bakterien in gewöhnlichem Wasser sich anders verhalte, ist wahrscheinlich; sie wird verschieden sein nach der Art der Organismen, welche in das Wasser gelangen. Miquel[1]) öffnete eine Flasche mit Seinewasser, welche neun Jahre verschlossen gewesen war; ursprünglich hatte dieses Wasser 4800 Bakterien in 1 ccm enthalten, nach dieser Zeit fanden sich 220 lebensfähige Keime. Eine andere Probe mit Vannewasser, die anfänglich 66 Bakterien im Cubikcentimeter enthielt, war nach zehn Jahren vollständig steril, trotzdem im Anfang eine starke Vermehrung der Mikroorganismen stattgefunden hatte. Ueber den Typhus, den Milzbrand, die Cholera wird im Kapitel XIV das Erwähnenswerthe angeführt werden.

Man darf wohl mit Sicherheit annehmen, dass das Absterben der Organismen allmählich erfolgt; die schwächeren Individuen verfallen zuerst dem Untergange, später folgen die kräftigeren. Sehr gut lässt sich das langsam fortschreitende Absterben beobachten bei Desinfectionsversuchen. Gelangt man mit dem Mittel, z. B. Carbolsäure, an die untere Grenze seiner Wirksamkeit, so erscheint auf den Culturplatten die Colonienzahl vermindert; je concentrirter man das Desinficiens anwendet, oder je länger man das Mittel einwirken lässt, um so mehr sinkt die Zahl, bis zuletzt die Gelatineplatten ganz frei von Colonien bleiben.

Ueber die allmähliche Abnahme der Keime berichtet Roth[2]): er hatte in einem Brunnenwasser 5000 lebensfähige Keime pro Cubikcentimeter gefunden; nachdem das Wasser zwei Tage in verkorkter Flasche gestanden hatte, enthielt es — nach dem Umschütteln — 80000, nach drei Tagen 120000, nach fünf Tagen 60000, nach zehn Tagen 43000 und nach vier Wochen nur noch 2200 Bakterien. Leone fand am fünften Tage eines Versuches eine halbe Million Keime im Cubikcentimeter Wasser, nach einem Monate noch 120000 und nach einem halben Jahre nur noch 95.

Die letzten Gründe, warum das Einzelwesen stirbt, sind uns verborgen; die grosse Frage des Werdens, des Lebens und des

[1]) Revue d'hygiène, Tom. IX, p. 737.
[2]) l. c. S. 158.

Vergehens ist weder für die grossen noch für die kleinen Wesen gelöst. Höchstens lassen sich Momente angeben, welche ein frühzeitiges Absterben bedingen, bezw. den Eintritt des Todes begünstigen. Diese Momente sind, soweit die Mikroben in Betracht kommen, hauptsächlich extreme Temperaturen, schlechte Ernährung und die Einwirkung von schädigenden Stoffen, von Giften.

Die niedrige Temperatur wirkt wesentlich dadurch, dass sie die Vermehrung, die Bildung neuer Generationen verhindert, dahingegen schadet sie dem Einzelwesen weniger, wie aus der langen Conservirung der Bakterien im Eise hervorgeht, ja sie kann sogar mehr als eine höhere Temperatur die Erhaltung der Einzelwesen begünstigen. Wir erinnern ferner daran, dass abwechselndes Gefrieren und Aufthauen erheblich mehr schädigt, als ein längeres Gefrorensein, und dass die Kälte die verschiedenen Arten der Organismen verschieden beeinflusst.

Aehnlich liegen die Verhältnisse bei Einwirkung höherer Temperaturen. Dabei tritt ebenfalls, bevor das Leben geschädigt wird, eine Behinderung der Vermehrung auf, welcher nach einiger Zeit, allerdings rascher als bei der Einwirkung der Kälte, das Absterben der vorhandenen Individuen folgt. Im Allgemeinen liegt die Grenze für die Wachsthumsbehinderung bei 50°, während die Grenze für das Absterben bei ungefähr 60° beginnt. Die höheren Temperaturen angepassten Mikroorganismen sind S. 569 erwähnt.

Bezüglich des Absterbens in Folge von Nahrungsmangel kommt für die Mikroorganismen, sofern nicht Sporenbildung auftritt, die Beschaffenheit sowie die Menge des Nährmaterials in Betracht; ein Mangel nach der einen oder anderen Richtung hin hat den Tod zur Folge.

Einige Arten sind allerdings so anspruchslos, dass sie sogar das schon gebrauchte Material wieder benutzen können.

Auch wenn das Vermögen, sich von den Resten der vorangegangenen Geschlechter zu nähren, lange währt und daher ein Nahrungsmangel für einen grösseren Zeitraum nicht eintritt, so wird dennoch schliesslich das Absterben der Mikroorganismen erfolgen, anscheinend durch ihnen schädliche Stoffwechselproducte. Ueber die Natur dieser Gifte ist wenig bekannt. Wohl wissen wir, dass durch Mikroorganismen gewisse, den Pflanzenalkaloiden nahe stehende Stoffe erzeugt werden, welche höher entwickelten Wesen Gefahr und Tod bringen können, dass von den Bakterien, einen Theil ihrer Leibessubstanz darstellend, Toxalbumine und andere Bakterienproteïne gebildet werden; jedoch ist nicht anzunehmen, dass gerade diese Stoffe es sind, welche das Wachsthum der

Bakterien behindern und zuletzt das Absterben der eigenen Art herbeiführen. Dass aber eine Schädigung, ein Abtödten durch die Ausscheidungsproducte eintreten kann, erscheint durch die S. 533 dargelegten Untersuchungen erwiesen.

Wird auf die eine oder andere Weise der Tod der einzelnen Mikroorganismen bewirkt, so kommt bei der Abtödtung der Arten auch noch die Concurrenz in Frage. Lässt man ein Wasser oder eine Nährflüssigkeit längere Zeit stehen und untersucht von Zeit zu Zeit, so sieht man nicht selten, dass anfänglich ganz andere Arten vorwiegen als später; so können unbewegliche Bacillen auf bewegliche, auf diese wieder Kokken folgen etc. Die Verdrängung der einen Art durch die andere darf man sich vielleicht so vorstellen, dass gewisse Bakterien das vorhandene Nährmaterial nach einer bestimmten Richtung hin zerlegen, dass die Zerlegungsproducte jedoch für die Art, welcher dieselben ihre Entstehung verdanken, nicht besonders gute, hingegen für andere Arten sehr passende Nährmedien darstellen. Letztere Organismen werden somit stark wuchern und ihre Spaltungsproducte können wieder anderen Mikroben zur Nahrung dienen u. s. f. Hiermit ist jedoch nicht gesagt, dass eine bestimmte Bakterienart unter allen Umständen die nämlichen Zersetzungen bewirkt; die Untersuchungen einer Reihe von Forschern haben vielmehr ergeben, dass unter verschiedenen Bedingungen von denselben Mikroorganismen verschiedene Umsetzungen bewirkt werden können.

Ferner ist das Nährmaterial, welches sich im Wasser findet, von verschiedener Zusammensetzung. Hat die eine Art der Mikroorganismen das ihr hauptsächlich zusagende Material grösstentheils verbraucht, so gelangt sie unter ungünstige Bedingungen, und die nächst günstigst situirte Art tritt in den Vordergrund. Bei den verschiedenen Umsetzungen kann ferner die Reaction der Flüssigkeit, des Nährsubstrats, verändert werden, was den Sieg der durch die zeitweilige saure oder alkalische Reaction am meisten begünstigten Bakterienart zur Folge haben wird.

Allmählich wird auch der vorhandene Sauerstoff verzehrt, und damit gelangen an die Stelle der aërobiotischen Organismen die anaërobiotischen.

Ausser den Stoffwechselproducten der Bakterien giebt es begreiflicherweise noch andere chemische Verbindungen, z. B. die chemischen Desinficientien, welche die Entwickelung der Mikroorganismen beeinträchtigen oder ganz verhindern.

Besonderes Interesse verdient die Kohlensäure, weil sie einerseits vielfach bei den unter Mitwirkung von Mikroorganismen

erfolgenden chemischen Umsetzungen entsteht und andererseits einen normalen Bestandtheil der natürlichen Wässer und zumal der künstlichen Mineralwässer bildet.

Der Einfluss der Kohlensäure auf die Mikroorganismen ist sehr verschieden beurtheilt. In der ersten Choleraconferenz gab R. Koch[1]) an, dass die Kommabacillen in ihrem Wachsthum behindert werden, wenn Kohlensäure auf dieselben einwirkt.

Liborius[2]) zeigte darauf bei Versuchen über Anaërobiose, dass die Entwickelung der Colonien völlig zum Stillstand gebracht werden kann, wenn man die Luft mittelst Kohlensäure aus der Nährgelatine vertreibt oder einen Strom dieses Gases über die Schälchen mit Nährmaterial und Aussaat fortleitet.

Leone (l. c. S. 173) stellte die Behauptung auf, dass die im Wasser enthaltene Kohlensäure die Mikroorganismen abtödte. Er fand in kohlensaurem Wasser 186 Keime im Cubikcentimeter; die Menge derselben sank nach 5 Tagen auf 87, nach 10 Tagen auf 30, nach 15 Tagen auf 20 im Cubikcentimeter, während in den Controlflaschen sich die Zahl innerhalb derselben Zeiten auf Tausende im Cubikcentimeter steigerte. Derselbe Forscher leitete einen Kohlensäurestrom in eine Flasche mit Mangfallwasser und beobachtete, dass die Zahl der Keime nach 14 Tagen nur zwei im Cubikcentimeter betrug, ein Beweis, dass auch nicht unter Druck stehende Kohlensäure genügt hatte, die Bakterienentwickelung zu verhindern.

In ähnlicher Weise arbeiteten Scola und Allessi[3]), sie fanden, dass die Keimzahl mit sinkendem Kohlensäuregehalt zu, mit steigendem abnahm, jedoch geben sie an, dass ihre Experimente auch gegentheilige Daten enthalten.

Scola und Sanfelice sahen, dass unter Druck stehende Kohlensäure, wie im Soda- und Selterswasser, wohl den *Bac. subtilis*, aber nicht den *Proteus vulgaris* schädigt.

Sohnke[4]) führt an, dass aus destillirtem Wasser bereitetes Selterswasser frisch 10 bis 30 Bakterien im Cubikcentimeter enthielt, und dass diese im Laufe von 1 bis 9 Monaten sich auf 8 bis 1 Keim im Cubikcentimeter verminderten.

---

[1]) I. Choleraconferenz. Separatabdruck der Berl. klinischen Wochenschrift, S. 14.

[2]) Beiträge zur Kenntniss des Sauerstoffbedürfnisses der Bakterien. Zeitschrift für Hygiene, Bd. I, Heft 1.

[3]) Estratto d. Bul. d. r. Accademia med. di Roma 1889—1890.

[4]) Sohnke, die Bakterienfrage in Bezug auf künstliche Mineral- und kohlensaure Wässer. Zeitschr. f. Mineralwasserfabrikation, Nr. 23, 1886.

Drei aus destillirtem Wasser hergestellte Proben, welche drei bis vier Jahre gelagert hatten, waren keimfrei. In drei von Mineralwasserfabriken benutzten Brunnen barg der Cubikcentimeter Wasser 36750, 42000 und 38750 entwickelungsfähige Spaltpilze; das aus diesen Brunnenwässern hergestellte Sodawasser, über dessen Alter allerdings Angaben nicht zu erhalten waren, enthielt 200, 175 bis 200 und 6060 bis 6600 Bakterien im Cubikcentimeter. Pfuhl[1]) wies in einem Sodawasser 80 bis 100, in einem anderen indessen 20000 Keime im Cubikcentimeter nach.

Die Frage nach dem Verhalten der Bakterien im künstlichen Mineralwasser ist von Wichtigkeit, weil anscheinend Krankheiten durch dasselbe verbreitet werden können; so wird z. B. die Typhusepidemie des Jahres 1884 in Mainz[2]) auf den Genuss inficirten Sodawassers zurückgeführt.

Besondere Berücksichtigung verdient aus diesem Grunde die folgende im Kaiserl. Gesundheitsamte ausgeführte Arbeit, welche mit Rücksicht auf die Krankheitsverbreitung durch Selterswasser unternommen wurde.

Hochstetter[3]) untersuchte das künstliche Selterswasser von fünf Fabriken Berlins, von welchen vier ihre Producte angeblich aus destillirtem und filtrirtem, destillirtem Wasser herstellten. Von 20 frisch untersuchten Flaschen enthielt nur eine weniger als 100 Bakterien pro Cubikcentimeter, eine zwischen 100 und 500, zwei enthielten zwischen 500 und 1000, sechs zwischen 1000 und 10000, acht zwischen 10000 und 75000, und in zwei Flaschen war die Anzahl der Keime unzählbar. Als mehrere Flaschen einige Tage im Keller gelegen hatten, ergab die Untersuchung abermals einen grossen Keimreichthum, so dass die Lagerung von wenig Tagen zweifellos ohne Einfluss geblieben war. Hochstetter liess daher seine Flaschen lange Zeit liegen, und zwar zwischen 35 und 206 Tagen. Die ersten 17 Flaschen dieser Serie hatten fünf Wochen auf Eis gelegen, ihr Keimgehalt schwankte zwischen 30 und 50000, von den 17 Flaschen enthielten neun über 10000 Bakterien im Cubikcentimeter. Die später untersuchten Proben verhielten sich ähnlich, so dass ein näheres Eingehen auf die

---

[1]) Pfuhl, Aus dem Garnison-Lazareth Altona. Bakterioskopische Untersuchungen. Deutsche Militärärztliche Zeitschrift 1886, Nr. 1.

[2]) Die Typhusepidemie in Mainz. Ber. d. Geh. Med.-Raths Dr. Hellwig an das Grossherzogl. Ministerium d. Innern. Abth. f. öffentl. Gesundheitspflege. Mainz 1885.

[3]) Ueber Mikroorganismen im künstlichen Selterswasser. Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, Bd. II.

Versuchsresultate überflüssig erscheint; nur sei erwähnt, dass eine der sechs Flaschen, welche 203 bis 206 Tage liegend im Keller aufbewahrt worden war, im Cubikcentimeter 3 Bakterien, vier zwischen 1030 und 14000 und eine 147000 Bakterien enthielt. Das Wachsthum der aus dem Selterswasser gewonnenen Colonien war ein sehr langsames.

Die Versuche Hochstetter's zeigen mithin, dass der Bakteriengehalt kohlensäurereicher Wässer ein sehr verschiedenartiger sein kann, und dass die Kohlensäure demnach durchaus nicht in gleicher Weise die Entwickelung aller Mikroorganismen beeinträchtigt oder verhindert. Sie wirkt auf einige Mikroorganismen direct tödtend, auf andere wachsthumbeschränkend, auf dritte gar nicht ein. Für die Herkunft der Mikroben im Selterswasser giebt es verschiedene Quellen. Es kann das zur Verwendung gekommene destillirte Wasser längere Zeit gestanden haben, und während dieser Zeit eine Vermehrung der Bakterien eingetreten sein; auch kann von dem Flaschenspülwasser etwas zurückgeblieben sein, und ferner können von Filtern aus (Durchwachsen der Filter mit Bakterien) Mikroorganismen in das zur Selterswasserfabrikation dienende Wasser gelangt sein; Selterswasser, aus Brunnenwasser fabricirt, erhält seine Bakterien selbstverständlich grösstentheils aus letzterem.

Nachdem durch die soeben erwähnten Versuche die Haltbarkeit mancher Arten von Mikroorganismen im Selterswasser erwiesen war, wurden von Hochstetter pathogene Keime in dasselbe übertragen.

Milzbrandbacillen starben in kürzester Zeit ab, die längste erwiesene Lebensdauer betrug eine Stunde, dahingegen hielten sich Milzbrandsporen unbegrenzt lange. Typhusbacillen hielten sich bis zu fünf Tagen im Selterswasser. In acht Versuchen mit 56 Flaschen Selterswasser wurde das Verhalten der Cholerabacillen geprüft; immer waren dieselben in längstens 24 Stunden abgestorben, konnten jedoch in einigen daraufhin untersuchten Proben bis drei Stunden nach der Einführung nachgewiesen werden. Dieses rasche Absterben war ausschliesslich bedingt durch die Kohlensäure und nicht etwa durch die anderweitige chemische Beschaffenheit des Wassers; denn Selterswasser, welchem durch Erhitzen die Kohlensäure entzogen war, zeigte noch am 19. Tage lebende Cholerabacillen. Ebenso wenig übte der Druck von zwei Atmosphären auf die Lebensdauer der obigen Bacillen irgend welchen Einfluss aus.

Kohlendioxyd durch Wasser geleitet, welches die erwähnten Mikroorganismen enthielt, tödtete sie in kürzester Zeit.

Hochstetter hat mithin die Angaben früherer Forscher über die Giftigkeit der Kohlensäure mehreren Mikroorganismen gegenüber bestätigt, aber auch den Nachweis geliefert, dass Krankheitskeime bis zu einer gewissen, eng begrenzten Zeit durch Selterswasser übertragbar sind.

Ein Selterswasser oder Sodawasser, welches acht Tage alt ist, enthält keine Typhuskeime, ein Selterswasser, welches einen Tag alt ist, keine lebenden Cholerakeime mehr.

Man thut daher gut, zur Zeit einer Typhus- bezw. einer Choleraepidemie das künstliche Selterswasser, sofern es nicht aus ganz unverdächtigem Wasser fabricirt worden ist, mindestens eine bis zwei Wochen bezw. mindestens einen bis einige Tage ablagern zu lassen, um sich vor Infection zu schützen.