Oeffentliches Sanitätswesen.

Abtötung von Bakterien durch Licht und Selbstreinigung der Flüsse.

Von Prof. Dr. Kurt Wolf in Tübingen.

Jeder Fluß oder See reinigt sich in oft überraschend kurzer Frist von den Verunreinigungen, die ihm durch Abwässer von Gemeinwesen übermittelt wurden. Neben anderen Ursachen, wie z. B. chemischen Umsetzungen, Sedimentierung etc., glaubt man, daß das Licht, Sonnenlicht, wie auch diffuses Tageslicht, in hohem Maße an dieser Selbstreinigung von Flüssen und Seen beteiligt ist; und zwar ist man der Meinung, daß das Licht dabei durch Abtötung der im Wasser suspendierten Keime wirkt. In allen Lehrbüchern und Abhandlungen, die sich mit der Frage der Selbstreinigung der Flüsse und Seen befassen, wird dem Licht ein den übrigen Faktoren gleichwertiger Platz eingeräumt, sodaß man annehmen muß, das Licht bewirke die Selbstreinigung mindestens in gleichem Maße, wie die sich vollziehenden chemischen Umsetzungen oder die Tätigkeit der pflanzlichen Lebewesen, Algen, Bakterien etc.

Diese Annahme stützt sich in der Hauptsache auf Untersuchungen von Buchner¹⁾ und Dieudonné²⁾. Beide fanden, daß Bakterienkeime von Reinkulturen, die entweder in Wasser suspendiert oder in Agar-Agar verteilt der Wirkung des Sonnenlichts oder

des diffusen Tageslichts ausgesetzt worden waren, im Verlauf von etwa einer Stunde ihre Lebensfähigkeit eingebüßt hatten.

Die von den genannten Autoren gewählte Versuchsanordnung muß infolge des Fortschritts, den die Erkenntnis der Lehre vom Licht in den letztvergangenen Jahren gemacht hat, als nicht mehr einwandfrei angesehen werden: es müssen infolgedessen auch die Schlüsse, die sich aus den Ergebnissen dieser Versuche für die Selbstreinigung von Flüssen und Seen ergeben, eine Aenderung erfahren.

In jeder Beziehung durchaus einwandfreie Arbeiten über die Abtötung der Bakterien durch Licht sind eigentlich nur von Hertel¹⁾ ausgeführt worden. Er beobachtete die Bakterien im hängenden Tropfen unter Zuhilfenahme eines Mikroskops, dessen Optik bis zum Eintreten der Lichtstrahlen in den hängenden Tropfen aus Quarz gefertigt war.

In der letzten Zeit habe ich mit H. Thiele Untersuchungen über die Abtötung der Bakterien durch Licht angestellt.²⁾ Bei diesen, deren Versuchsanordnung von der Hertelschen vollkommen abweicht, wurden alle Nebenwirkungen des Lichts, insbesondere seine Wärmewirkung gänzlich ausgeschlossen, und es erfuhren die Strahlen verschiedener Wellenlänge wenigstens insofern eine gesonderte Behandlung, als durch die Wahl des lichtdurchlässigen Materials (Quarz), durch Zwischenschaltung von Lichtfiltern (Spiegelglasplatte, blaues Steinsalz), sowie durch Lösungen, die die Lichtstrahlen in verschiedener Weise absorbieren (Rhodankalium, phosphorsaures Natron), die für Bakterien schädlichen von den ihnen scheinbar unschädlichen Strahlen getrennt wurden.

Das Ergebnis dieser Versuche war, daß bei 14–20° C gehaltene Bakterien durch ultraviolette Strahlen (von 265–300 $\mu\mu$ Wellenlänge) in aller kürzester Zeit abgetötet werden. Die Strahlen aber, die durch Spiegelglas ungehindert hindurchtreten (von 300 $\mu\mu$ Wellenlänge an aufwärts) vermögen eine Bakterienaufschwemmung selbst bei 24 stündiger Einwirkung nicht zu sterilisieren. Das irdische Sonnenspektrum umfaßt ebenfalls nur die Strahlen längerer Wellenlängen bis ungefähr zu 300 $\mu\mu$. Es ist also vollkommen unmöglich, bei der genannten Temperatur gehaltene Bakterien durch Sonnenlicht abzutöten.

In einer weiteren Reihe von Versuchen haben wir gefunden, daß bei Erhöhung der Temperatur der Bakterienaufschwemmung auf 29–40° C nicht nur die Abtötung der Bakterien durch ultraviolettes Licht in viel kürzerer Zeit erfolgt, es werden dann vielmehr auch die durch Glas nicht absorbierbaren Lichtstrahlen wirksam, sodaß bei diesen Temperaturen Bakterien auch durch die Strahlen des sichtbaren Teils des Spektrums abgetötet werden, die sich bei den früher eingehaltenen tieferen Temperaturen als unwirksam erwiesen.

Sucht man auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse die Frage nach der Selbstreinigung der Flüsse und insbesondere die andere zu beantworten, ob Sonnenlicht imstande ist, die in verunreinigtem Fluß- oder Seewasser suspendierten Bakterien abzutöten, so ergibt sich ohne weiteres die Verneinung dieser Frage. Das Wasser unserer Flüsse und Seen hält sich in seiner Temperatur an der übergroßen Mehrzahl aller Tage unter 20° C, selten wird dieser Wärme-grad überschritten, und es gehört das Ansteigen auf 25 oder mehr Grade zu den größten Ausnahmen. Nur ultraviolett reiches Licht wäre für gewöhnlich imstande, Bakterien in Fluß- oder Seewasser zu schädigen, Sonnenlicht ist hierzu viel zu ultraviolettarm. Es vermag die Wasserkeime nur an Tagen ungünstig zu beeinflussen oder abzutöten, an denen die Wasserwärme auf über 25° C ansteigt. Aber auch vor einem derartigen Einfluß werden die Bakterien der Flüsse und Seen durch die natürlich bestehenden Verhältnisse geschützt.

Wie in unserer Abhandlung des genaueren auseinandergesetzt ist, haben wir die Wärmewirkung der Lichtstrahlen bei unseren Versuchen dadurch ausgeschlossen, daß wir die Quarzreagensröhrchen, in denen die Bakterienaufschwemmung dem Lichte ausgesetzt wurde, in reines destilliertes Wasser eintauchen ließen, das durch eine Kühlschlange auf tiefer Temperatur gehalten wurde. Dieses Kühlwasser wurde für gewöhnlich bei jedem Versuche gewechselt. Mehrere Male aber war das dazu verwendete reinste destillierte Wasser nicht zur Hand. Es wurde das gleiche Wasser zu mehreren Versuchen verwendet. Es kam gelegentlich vor, daß das Wasser durch Staubteilchen oder andere Beimischungen in geringem Grade getrübt war. Die Trübung war so gering, daß sie mit bloßem Auge nicht wahrgenommen werden konnte; sie trat erst hervor, als die intensiven Strahlenbüschel der Lichtquelle durch das Wasser geschickt wurden. Diese geringe Trübung genügte in 2 cm dicker Schicht, um die Bakterien vor der verderblichen Wirkung der Lichtstrahlen zu schützen.

1) Archiv für Hygiene Bd. 17. — 2) Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt Bd. 9.

1) Zeitschrift für allgemeine Physiologie Bd. 4, 5 u. 6. — 2) Archiv für Hygiene Bd. 57.

Das Wasser der Flüsse und Seen weist, wenn es reichlich mit Verunreinigungen organischer Art beladen ist und viele Keime enthält, stets erhebliche, mit bloßem Auge sichtbare Trübungen auf. Diese verhindern das Eindringen der Lichtstrahlen schon in die alleroberflächlichsten Schichten, sodaß von Abtötung der Bakterien durch Licht in nennenswerten Tiefen unter keinen Umständen die Rede sein kann. Selbst wenn aber die wirksamen Strahlen bis in Tiefen von $1-1\frac{1}{2}$ m, wie Buchner schreibt, eindringen könnten, so würden wenigstens die im Wasser sich aufhaltenden bewegungsfähigen Bakterien genügend Schutz finden in dem Schatten der feinsten Suspensionen; davon, daß die mit Geißeln versehenen Bakterien einer intensiven Lichtwirkung sofort sich zu entziehen suchen, kann man sich jederzeit durch Beobachtung im Mikroskop überzeugen.

Wie kommt es nun aber, daß Buchner zu anderen Ergebnissen gelangte? Diese Frage ist leicht zu beantworten nach Durchsicht der in seiner Arbeit niedergelegten Versuchsprotokolle. Buchner hat in der Absicht, die Bakterien in möglichst günstige Lebensbedingungen zu versetzen, die Bakterienaufschwemmung vor der Belichtung auf ungefähr 25°C erwärmt. Während der Belichtung stieg die Temperatur selbstverständlich noch höher; sie erreichte bei einigen Versuchen 30 und mehr Grade.

Es ergibt sich hieraus, daß in den Buchnerschen Versuchen die Bedingungen für die Bakterien keineswegs günstige waren; es erlangten vielmehr bei diesen höheren Temperaturen, wie vorhin auseinandergesetzt wurde, Lichtstrahlen bakterienschädigende Kräfte, die bei tieferen Temperaturen, wie sie für gewöhnlich unter natürlichen Verhältnissen in Flüssen und Seen beobachtet worden, vollkommen unwirksam sind.

Es können die Buchnerschen Versuche keineswegs ohne jede Einschränkung in die Wirklichkeit übertragen werden, und es würde ein großer Fehler sein, wenn man sich der Hoffnung hingeben wollte, daß Krankheitserreger, die mit den Abwässern unserer Gemeinwesen in Flüsse und Seen gelangen, durch die Einwirkung des Sonnenlichts abgetötet werden. Es mahnen im Gegenteil sowohl die Hertelschen als auch unsere Versuche zur ganz besonderen Vorsicht; denn beiden gelang es nur unter der Einhaltung einer peinlich sorgfältigen Versuchsanordnung, Bakterien durch Licht abzutöten. In der Natur finden Bakterien in flüssigen Medien meist Gelegenheit, sich dem für sie verderblichen Teile der Lichtstrahlung zu entziehen.

Auf jeden Fall dürfte es geraten erscheinen, die Bedeutung des Lichtes für die Selbstreinigung der Flüsse, soweit wenigstens die Abtötung von Bakterien in Frage kommt, um ein ganz erhebliches einzuschränken.