

(Aus dem Institut für normale und pathologische Physiologie der Universität Köln.)

Über die Veränderlichkeit von Serum durch das Quecksilberlicht.

Von

Priv.-Doz. Dr. P. Niederhoff.

Mit 1 Textabbildung.

(Eingegangen am 29. April 1933.)

Daß Sera durch Bestrahlen mit dem an ultravioletten Strahlen reichen Quecksilberlicht weitgehend verändert werden, hat sich aus einer Anzahl von Arbeiten verschiedener Autoren ergeben. Es sei hier unter anderem an die Arbeiten von *W. Hausmann*, *R. Mond*, *L. Pinkussen*, *M. Spiegel-Adolf*, *Straub* u. *Gollwitzer-Meier* und *R. Wels* erinnert. Das Quecksilberlicht ruft bei genügend langer Einwirkung Veränderungen hervor, die z. B. die Viscosität, die Koagulationstemperatur und -zone betreffen, und die unter Umständen sogar durch Ausflockung der Kolloide unmittelbar sichtbar in Erscheinung treten können. Die Bestrahlungen, die zu solchen Umwandlungen notwendig sind, müssen Stunden, ja Tage einwirken. Durch kürzere Bestrahlungen haben sich *derartige* Veränderungen kaum hervorrufen lassen. Trotzdem bewirken aber auch ganz kurze Bestrahlungen nachhaltige Änderungen, wie im folgenden gezeigt werden soll. Bei meinen Versuchen über das von Sera gestreute Licht (*Tyndall*-Licht) hat sich ergeben, daß eine Änderung in der Streuung von Quecksilberlinien eintritt, wenn das Serum vorher kurze Zeit mit Quecksilberlicht bestrahlt worden ist.

Das *Tyndall*-Licht hängt in sehr komplizierter Weise von der Größe und Form der Teilchen, dem Brechungsexponenten der Teilchen und des Lösungsmittels und der Wellenlänge ab, wie sich aus der *Rayleighs*chen Strahlenformel ergibt. Die Verhältnisse sind aber noch verwickelter, wenn es sich nicht um einfache Lösungen, sondern um eine Menge von Substanzen in Lösung handelt. Auf die sich hieraus ergebenden Fragen soll aber an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, sondern es handelt sich zunächst nur um eine vorläufige Mitteilung der empirisch gemachten Beobachtungen. Die Beobachtungen beziehen sich auf die Gesamtstreuung einzelner Linien und lassen ihren Polarisationszustand noch unberücksichtigt.

Methodik.

Die Untersuchung erstreckt sich auf die gestreuten Quecksilberlinien 546, 435 und 365 $m\mu$. Als primäre Lichtquelle dient eine Quarzquecksilberlampe Hanau 110 Volt. In den primären Strahlengang ist zwecks ausreichender Parallelität eine Blende mit geeigneter Öffnung und eine Glaslinse passender Brennweite, die die Wellenlängen unterhalb 350 $m\mu$ zurückhält, eingefügt. Das primär eingestrahle Licht ist natürliches Licht. Als Aufnahmegefäß wird ein Röhrchen von 1 cm Innendurchmesser und 4 cm Länge benutzt, dessen eines, dem Spektrographen zugekehrtes Ende mit einem planparallelen Glasscheibchen verschlossen ist. Die Beobachtungsrichtung ist senkrecht zum primären Strahlengang. Das gestreute Licht wird durch eine Linse auf dem Spalt des Spektrographen scharf abgebildet.

Die Sera sind bei den vorliegenden Versuchen mit dem gesamten Hg-Spektrum in einem verschlossenen Quarzschälchen, das jeweils 5—6 cem Serum enthält, bestrahlt worden. Die Quecksilberlampe ist in einem Gehäuse untergebracht, und die Bestrahlung erfolgt durch ein engbegrenztes Strahlenbündel

10 Min. lang in etwa 20 cm Abstand von der Lampe. Temperaturerhöhungen über 1° durch die Bestrahlung sind nicht eingetreten; die Versuche sind bei Zimmertemperatur ausgeführt worden.

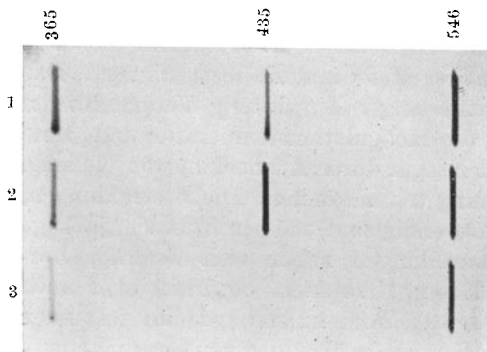


Abb. 1. Die vom Hammelserum gestreuten Hg-Linien in $m\mu$. 1 Frisches aktives Serum unbestrahlt; 2 sofort nach einer kurzen Bestrahlung mit Hg-Licht; 3 4 Stunden später als 2.

Versuche.

Für die Versuche ist Hammelserum benutzt worden. Das Hammelserum wird in aktivem Zustande, unverdünnt und klar zentrifugiert, verwendet. Die Veränderungen

des Tyndall-Lichtes sind auf beifolgender Abbildung wiedergegeben. Die Aufnahmen geben, wie erwähnt, das gesamte Streulicht wieder. Nr. 1 gibt das Streulicht des frischen Serums wieder, bevor das Quecksilberlicht eingewirkt hat. Nr. 2 ist aufgenommen worden sofort, nachdem das Serum in der oben angegebenen Weise mit dem gesamten Hg-Licht bestrahlt worden ist. Nr. 3 ist 4 Stunden später als Nr. 2 aufgenommen worden. Die Belichtungszeiten der einzelnen Aufnahmen sind je 45 Sek. Die einzelnen Aufnahmen unterscheiden sich durch die Stärke der gestreuten Linien. Die Linien 365 und 546 werden sofort nach der Bestrahlung in etwas geringerer Intensität gestreut, wogegen die Linie 435 zu-

nächst nach der Bestrahlung bedeutend stärker zum Vorschein kommt. 4 Stunden später sind die erstgenannten Linien noch weiter abgeschwächt; auch die Linie 435 hat sich dann allerdings in erheblich stärkerem Grade abgeschwächt, so daß sie nicht mehr in Erscheinung tritt. Außer den sofort eingetretenen Veränderungen sind also auch wesentliche *Nachwirkungen* zu bemerken. Die Kontrollen, d. h. unbestrahlte Serumproben, lassen keine Änderungen des Streulichtes erkennen. Durch die Bestrahlung tritt also eine Änderung in der Intensität der gestreuten Linien ein. Die Änderungen wechseln etwas mit der Länge und Intensität der Bestrahlung und auch mit dem zeitlichen Abstand zwischen Aufnahme und Bestrahlung; daneben machen sich, allerdings in geringem Grade, auch individuelle Unterschiede zwischen den einzelnen Serumproben gelegentlich bemerkbar. Auf die Unterschiede gegenüber anderen Seren und die Veränderungen durch Bestrahlung mit wechselnder spektraler Zusammensetzung wird in einer weiteren Arbeit noch näher eingegangen werden.

Besprechung des Ergebnisses.

Außer den durch langdauernde Bestrahlungen mit dem Quecksilberlicht eintretenden Veränderungen in den Seren, die durch Arbeiten einer Reihe von Autoren bekannt geworden sind, stellen sich auch schon nach ganz kurzen Bestrahlungen Veränderungen ein, die bisher unbemerkt geblieben sind. Neben der Schnelligkeit, mit der sich diese Veränderungen vollziehen, sind die Vorgänge auch durch Spezifität bezüglich der Frequenz gekennzeichnet. Die verschiedenen Frequenzen haben also nicht dieselbe Wirkung. Die Veränderungen in den Sera schließen nicht mit der Strahlenwirkung ab, sondern gehen auch nach der Bestrahlung noch weiter. Daß die beschriebenen Prozesse etwa nach Art der bisher bekannten photo-chemischen Umsetzungen sind, ist nicht anzunehmen, da hierfür jegliche Anhaltspunkte fehlen; die Vorgänge scheinen vielmehr photo-physikalischer, bzw. photo-physikalisch-chemischer Art zu sein und das kolloidale Gebiet zu betreffen. Nach Ansicht von Autoren wie *F. Weigert* besteht der erste Vorgang nach der Aufnahme eines Lichtquants in einer Ladungsverschiebung der kolloidalen Teilchen, die in ihrer Größe von der Frequenz der erregenden Strahlung abhängig ist.

Eine Analogie zu den hier beschriebenen Vorgängen bieten die Lichtwirkungen, die *F. Weigert* in bestimmten kolloidalen Photochlorid- und Farbstoffschichten aufgedeckt hat. So erhält eine kolloidale Chlorsilber-Gelatineschicht durch Bestrahlung mit polarisiertem Licht bestimmte anisotrope Eigenschaften. Das Licht übt hier offenbar eine richtende Wirkung aus. Eine kolloidale lichtempfindliche Farbstoffschicht bleicht in dem Spektrum des Erregungslichtes am schnellsten aus; es kommt dadurch zu einer Anpassung des Systems an die erregende Farbe. Alle diese Prozesse vollziehen sich in den ersten Stadien der Erregung;

für sie ist nicht die molekulare Absorption, sondern die Frequenz des eingestrahnten Lichtes maßgebend. Die Veränderungen betreffen, wie *F. Weigert* es auffaßt, die micellare Struktur der Schichten. Zu solchen lichtempfindlichen Farbstoffsystemen gehört auch der Sehpurpur in der Retina. Der Sehpurpur zeigt ebenfalls eine Farbenanpassung an die Farbe des eingestrahnten Lichtes, was sich aus den Messungen von *Garten*, *König* und *W. Trendelenburg* schließen läßt; und *Weigert* nimmt daher auch an, daß den Lichtwirkungen in der Retina Anpassungsvorgänge bestimmter Art zugrunde liegen.

Zwischen der Wirkung des polarisierten Lichtes auf die kolloiden Schichten und dem *Tyndall*-Licht besteht, wie *F. Weigert* durch seine Untersuchungen festgestellt hat, auch eine Parallele hinsichtlich der Lage der optischen Achse: Die optische Achse der anisotrop gewordenen Schicht liegt in der Richtung des elektrischen Vektors der erregenden Strahlung, und auch in der durch seitlichen Einfall von natürlichem Licht anisotrop gewordenen Photochloridschicht liegt die optische Achse senkrecht zur Strahlenrichtung.

Es fragt sich noch, inwieweit solche Veränderungen für die Vorgänge der biologischen Strahlenwirkungen von Interesse sind. Die Bestrahlungen der Sera sind ja von den Autoren meist in der Absicht ausgeführt worden, die Strahlenwirkung auf den menschlichen Körper zu klären. Im Gegensatz zu den langdauernden Bestrahlungen, die bisher dafür angewendet worden sind, erfolgt die biologische Strahlenwirkung aber sehr rasch und ist von der Frequenz der Strahlung abhängig. Aus den vorliegenden Untersuchungen ergibt sich, daß auch die kurzdauernde Bestrahlung der Sera weitgehend von der Frequenz der Strahlung abhängt und Spezifität besitzt. Die Wirkungen kurzdauernder Bestrahlungen scheinen infolgedessen besser geeignet zum Studium der biologischen Strahlenwirkung, weil sie den biologischen Vorgängen mehr entsprechen.

Zusammenfassung.

Außer den durch langdauernde Bestrahlungen mit dem Quecksilberlicht eintretenden Veränderungen in Seren, die durch Arbeiten der verschiedensten Autoren bekannt geworden sind, stellen sich auch schon nach kurzer Strahlenwirkung Veränderungen ein, die bisher unbemerkt geblieben sind. Die Wirkungen kurzer Bestrahlungen sind von anderer Art als die bisher bekannten. Sie lassen sich nachweisen durch das *Tyndall*-Licht. Wenn man das vom Hammelserum gestreute Hg-Licht untersucht, so ändert sich das Streulicht, wenn das Serum vorher eine kurze Zeit mit der Quarzquecksilberlampe bestrahlt worden ist. Die Änderung ist bei den untersuchten Wellenlängen $\lambda = 365, 435$ und $546 \text{ m}\mu$ verschieden. Die Änderung hört nicht mit der Einwirkung der Strahlen auf, sondern dauert noch längere Zeit an.

Die Vorgänge haben eine Analogie zu Lichtwirkungen in kolloidalen Photochlorid- und Farbstoffsystemen, wie sie von *F. Weigert* aufgedeckt worden sind, und die sich in den ersten Stadien der Belichtung abspielen. Für sie ist auch die Frequenz des eingestrahnten Lichtes maßgebend.

Die Bestrahlungen der Sera werden vielfach in der Absicht ausgeführt, die Strahlenwirkung des Quecksilberlichtes auf den menschlichen Körper zu klären. Geeigneter als die bisher ausgeführten langdauernden Bestrahlungen sind für diesen Zweck die Wirkungen kurzdauernder Bestrahlungen, weil sie den biologischen Vorgängen mehr entsprechen.

Literaturverzeichnis.

Hausmann, W.: Strahlenther. **9**, 46 (1919). — *Mond, R.*: Pflügers Arch. **196**, 240 (1922); **200**, 374 (1923). — *Pinkussen, L.*: Erg. Physiol. **19**, 145 (1921). — *Spiegel-Adolf, M.*: Erg. Physiol. **27**, 832 (1928). — *Straub, H.* u. *Kl. Gollwitzer-Meier*: Biochem. Z. **139**, 302 (1923). — *Weigert, F.*: Z. Physik. **2**, 1 (1920); Ann. Physik. **63**, 693 (1920). — Pflügers Arch. **190**, 177 (1921); Z. physik. Chem. **100**, 537 (1922). — *Wels, R.*: Pflügers Arch. **199**, 226 (1923).
