

(Aus der psychiatrischen Klinik zu Freiburg i. Br.)

## Untersuchungen über den galvanischen Lichtreflex.<sup>1</sup>

Von

Privatdozenten Dr. BUMKE, Assistenten der Klinik.

Durch die Untersuchungen von HELMHOLTZ, DARIER, LOEWENFELD, HOCHÉ, C. F. MÜLLER und NAGEL wissen wir, daß durch schwache galvanische Ströme am Auge eine Lichtempfindung ausgelöst werden kann, eine Reaktion, die vielleicht infolge des Auftretens virtueller Elektroden am hinteren Augenpol, vielleicht auch aus anderen Gründen<sup>2</sup> normalerweise zuerst beim Anodenschluß und zwar schon bei Stromstärken zwischen  $\frac{1}{50}$  und  $\frac{1}{6}$  Milli-Ampère auftritt.

Etwas stärkere Ströme haben nun, wie ich<sup>3</sup> im vergangenen Jahre zeigen konnte, außer der Empfindung eines Lichtblitzes auch einen pupillomotorischen Effekt zur Folge, eine Wirkung, die natürlich bei kleinen Stromstärken quantitativ geringfügig und nicht intensiver ist, als die durch entsprechend kleine, normale optische Reize ausgelöste Pupillenverengung. Nun entziehen sich die durch minimale Helligkeitsänderungen veranlassten Irisausschläge der direkten Beobachtung mit unbewaffnetem Auge, so deutlich sie auch mit geeigneten Vergrößerungsapparaten

<sup>1</sup> Vortrag, gehalten auf der XXIX. Wanderversammlung der südwestdeutschen Neurologen und Irrenärzte in Baden-Baden am 29. Mai 1904.

<sup>2</sup> Erinnerung sei daran, daß schon HITZIG bei seinen Untersuchungen über galvanische Hirnrindenreizung ein Überwiegen der Anodenwirkung konstatierte, eine Tatsache, die mit dem erwähnten Verhalten der Netzhaut, die genetisch, histologisch und physiologisch der grauen Rinde nahesteht, vielleicht in Analogie gesetzt werden dürfte.

<sup>3</sup> *Centralbl. f. Nervenheilkunde und Psychiatrie* 1903, Nr. 162.

sichtbar gemacht werden können. Da ferner schon normale Lichtreize von geringer Stärke eher wahrgenommen, als reflektorisch wirksam werden, so mußte für meine Zwecke eine Versuchsanordnung getroffen werden, die auch minimale Verschiebungen des Pupillenrandes mit Sicherheit zu erkennen erlaubte. Ich habe deshalb meine Versuche mit Hilfe der ZEHENDER-WESTIENSchen binokularen Lupe angestellt, die diesem Bedürfnisse einer starken Vergrößerung voll gerecht wird und überdies gestattet, das Auge bei einer so geringen Helligkeit zu beobachten, daß die Empfindlichkeit der Netzhaut möglichst gesteigert und andererseits der Sphincter pupillae tunlichst entspannt wird.

Im übrigen möchte ich über die Methodik kurz folgendes bemerken. Am besten wird eine (80 qcm) große Elektrode auf dem Sternum befestigt oder der Versuchsperson in die Hand gegeben, die kleinere Reizelektrode dagegen (ich benutze eine mit 10 cm Durchmesser) dicht neben dem Auge an die Schläfe gesetzt oder, wenn nur die konsensuelle Reaktion geprüft werden soll, direkt über dem geschlossenen, durch eine Watteschicht vor jedem Drucke geschützten Auge mittels eines um den Kopf gelegten Gummibandes befestigt. Dieser Unterschied in der Versuchsanordnung macht es ohne weiteres begreiflich, daß die absolut kleinsten wirksamen Reize bei der konsensuellen, nicht bei der direkten Reaktion festzustellen sind. — Die jedesmal notwendigen Stromstärken wurden an einem EDELMANNschen Präzisionsgalvanometer, das in den Stromkreis eingeschaltet war, abgelesen.

In dieser Weise wurden bisher 29 Gesunde und 87 Kranke, jeder zu wiederholten Malen, untersucht und an ihnen folgendes festgestellt. Normalerweise sind, wenn der Strom von der Schläfe her durch das Auge geleitet wird, Stromstärken von durchschnittlich 2,4 Milliampère — die äußersten Grenzwerte waren 0,7 und 5,0 Milliampère — erforderlich, um durch jeden Anodenschluß eine deutliche, aktive Verengerung der gleichseitigen und der kontralateralen Pupille um 1—2 Millimeter auszulösen, eine Bewegung, die ihrem zeitlichen Verlauf nach vollkommen analog ist dem durch eine geringfügige und kurzdauernde Helligkeitssteigerung bewirkten Irisausschlage. Auch die dieser primären Bewegung sekundär folgende Erweiterung verläuft genau so, als wenn der Lichtreflex in der gewöhnlichen Weise ausgelöst gewesen wäre.

Nächst dem Anodenschluss ist zuerst wirksam die Kathodenöffnung, während Anodenöffnung und Kathodenschluss meist erst bei sehr viel stärkeren Strömen die Pupille sichtbar beeinflussen. Eine anscheinend sehr schnell eintretende Ermüdung der den Reflex vermittelnden Apparate macht übrigens auch bei der gewöhnlichen Reizung durch Anodenschluss oft schon nach der vierten oder fünften Schließung des Stromes eine Erhöhung der Stromstärke erforderlich. Länger dauernde Kathodenschließung schien zuweilen eine Erholung, Anodenschluss eine nachhaltigere Erschöpfung zu bewirken. Danach würde der Anodenschluss auch in dieser Beziehung einer länger dauernden, intensiveren Belichtung, also einer Ermüdung der Retina, Kathodenschluss der durch Dunkeladaptation erzielten Erholung entsprechen. Ob im übrigen die galvanische Reflexempfindlichkeit durch die Hell- oder Dunkeladaptation des Auges wirklich beeinflusst wird, kann ich heute noch nicht sagen; notwendig ist es nicht, denn wir wissen durch die Untersuchungen von MÜLLER und durch die neueste Arbeit von NAGEL, daß für die galvanische Lichtempfindlichkeit diese Analogie zur Erregbarkeit durch den adäquaten (Licht-)Reiz nicht vorhanden ist.

Jedenfalls aber besteht eine innige Beziehung zwischen dem optischen und dem pupillomotorischen Effekt des galvanischen Reizes derart, daß die sensorische Wirkung, die subjektive Lichtempfindung dem motorischen Erfolge, soweit er wenigstens wahrnehmbar wird, vorangeht. Wie groß der Unterschied in der Empfindlichkeit beider Reaktionen ist, darauf werden wir nachher noch einzugehen haben.

Ich habe nun zunächst versucht, den galvanischen Lichtreflex für die Entscheidung der Frage zu verwerten, ob und welche Unterschiede zwischen der direkten und der konsensuellen Lichtreaktion bestehen. Die Frage ist bekanntlich immer noch nicht definitiv entschieden; von klinischer Seite ist zwar immer wieder darauf aufmerksam gemacht worden, daß bei ungleicher Belichtung beider Augen auch ganz gesunde Menschen differente Pupillen haben können; gleichwohl wird von anderen aus theoretischen Gründen die Gleichheit des direkten und des konsensuellen Lichtreflexes auch heute noch behauptet. — Nun hat neuerdings FUCHS mit Hilfe der photographischen Methode festgestellt, daß in der Tat bei manchen Individuen die Endgröße und die mittlere Geschwindigkeit der indirekten Reaktion hinter der der

direkten zurückbleibt. Bei der größeren Mehrzahl aber bestand dieser Unterschied nicht. Ob da, wo eine Differenz gefunden wurde, pathologische Ursachen dafür angeschuldigt werden mußten, konnte F. nicht entscheiden.

Der scheinbar einfachste Weg zur Lösung dieser Frage wäre nun der, die Reizschwellen für die direkte und die indirekte Reaktion festzustellen; das ist aber deshalb fast unmöglich, weil es kaum gelingen kann, die minimal kleinen, punktförmigen Lichtquellen, die hierbei in Frage kommen, in zwei aufeinander folgenden Versuchen jedesmal auf dieselbe Stelle der Netzhaut zu werfen. Ist aber das nicht der Fall, so können auch die an beiden Augen konstatierten Irisbewegungen nicht miteinander verglichen werden.

Anders liegen die Dinge für den galvanischen Reiz; bei seiner Anwendung können wir im allgemeinen darauf rechnen, daß die Gesamtmenge der die Netzhaut passierenden Stromschleifen sich in zwei aufeinander folgenden Versuchen nicht ändern, die nacheinander am rechten und am linken Auge konstatierte Pupillenverengung also auf denselben Reiz zu beziehen sein wird.

Das Resultat dieser Untersuchungen ist nun ebensowenig eindeutig, wie das in ganz anderer Weise gewonnene von FUCHS: es gibt Individuen, bei denen der Reflex an dem direkt gereizten Auge früher eintritt, als an dem anderen, bei einer etwas größeren Anzahl dagegen ist ein solcher Unterschied, auch mit dieser Methode, nicht festzustellen.

Dann habe ich die galvanische Licht- und Reflexempfindlichkeit des menschlichen Auges bei Untersuchungen benutzt, die das Verhalten der Pupille in Erschöpfungszuständen betrafen. Die Veranlassung dazu gab die bekannte Tatsache, daß die Pupille bei hochgradiger Müdigkeit, im Hungerzustande und ebenso bei manchen anämischen Kranken — darauf hat schon KUSSMAUL aufmerksam gemacht — oft auffallend weit werden. Etwas Näheres über die Häufigkeit, den Grad und die Ursache dieser Störung ist bisher nicht bekannt, und doch wäre es bei der großen Bedeutung jedes körperlichen Zeichens gerade bei frisch aufgenommenen Kranken wünschenswert, zu wissen, ob nicht z. B. weite, schlecht auf Licht reagierende Pupillen auch einmal einfach durch längere Abstinenz des Patienten veranlaßt sein können.

Nun sind die Möglichkeiten über die Beeinflussung der Pupille durch erschöpfende Momente im weitesten Sinne ins Klare zu kommen, recht beschränkt; das Tierexperiment versagt hier wie überall, wo ruhige Lage des Bulbus und stets gleichbleibende Akkomodation bei vergleichenden Untersuchungen unbedingt gewährleistet sein müssen.

Deshalb habe ich versucht, die günstige Gelegenheit, die in psychiatrischen Anstalten die Nachtwachen des Pflegepersonals für Untersuchungen über den Einfluss der Ermüdung bieten, für meine Zwecke zu benutzen. — Denn daß eine Nachtwache eine erhebliche Erschöpfung verursacht, ist ohne weiteres klar.

Es wurden insgesamt 104 Einzelbeobachtungen an 13 gesunden Personen vorgenommen, und zwar abwechselnd nach je einer normal durchgeschlafenen oder durchwachten Nacht.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind folgende:

Die Pupillen aller Pfleger und Pflegerinnen waren am Morgen nach einer durchwachten Nacht (unter sonst gleichen Beobachtungsbedingungen natürlich) regelmäßig weiter als zu der gleichen Zeit an anderen Tagen und zwar um durchschnittlich 1,0—1,5 mm. Die Reaktion auf Licht und ebenso die bei der Konvergenz war bei der Prüfung mit den gewöhnlichen Untersuchungsmethoden gegen die Norm nicht verändert, dagegen die Empfindlichkeit der Iris gegenüber sensiblen Reizen meist entschieden gesteigert, die „Pupillenunruhe“ vermehrt.

Die galvanische Untersuchung nun wurde in diesen Fällen so vorgenommen, daß die eine Netzhaut durch eine direkt über dem Bulbus befestigte Elektrode gereizt, die Pupille des anderen Auges beobachtet wurde. Es sind dann zur Auslösung dieser konsensuellen Reaktion meist nur Stromstärken zwischen 0,5 und höchstens 4,0 Milliampère erforderlich.

Es zeigte sich nun zunächst, daß die galvanische Lichtempfindlichkeit in diesen Erschöpfungszuständen etwas gesteigert ist. Meist konnten die einen Schließungsblitz auslösenden Ströme um einen Bruchteil kleiner gewählt werden als an anderen Tagen; das hat nichts Auffallendes, denn, wie wir durch die Untersuchungen von PATRICK und GILBERT wissen, ist neben der Aufmerksamkeitsstörung und der Herabsetzung der Merkfähigkeit eine Zunahme der Sehschärfe und unter Umständen das Auftreten von einfachen Gesichtstäuschungen die Folge einer

durch Schlafentziehung herbeigeführten Ermüdung. Die Reflexempfindlichkeit dagegen, und das ist das Hauptresultat meiner Versuche, wird durch die gleiche Schädlichkeit vermindert; während normalerweise, um einen direkten oder konsensuellen galvanischen Lichtreflex auszulösen, nur  $1\frac{1}{2}$ —4 mal so starke Ströme erforderlich sind, als wie um einen Lichtblitz hervorzurufen, entfernen sich in der Ermüdung beide Reizwerte soweit von einander, daß sich Licht und Reflexempfindlichkeit unter diesen Umständen statt wie 1 zu 2 wie 1 zu 40 verhalten; das heißt, es kann bei einem Individuum, das heute bei 0,1 Milliampère einen Lichtschein wahrnimmt und bei 0,2 Milliampère eine Irisbewegung aufweist, nach einer durchwachten Nacht der sensorisch wirksame galvanische Reiz etwa auf 0,08 Milliampère gesunken, der pupillomotorische auf 3,2 Milliampère gestiegen sein.

Eine völlig befriedigende Erklärung für diese ganz verschiedene Beeinflussung von Licht- und Reflexempfindlichkeit des Auges durch die Erschöpfung läßt sich zurzeit wohl noch nicht geben; wir müssen uns begnügen, festzustellen, daß die gleichen Momente, welche die subkortikalen Leitungswege schädigen, die Reizbarkeit bestimmter Rindenzentren zu erhöhen vermögen, und dürfen dabei noch einmal daran erinnern, daß die reflektorische Erweiterung der Pupille, Pupillenunruhe und Psychoreflexe, alles ebenfalls von der Hirnrinde abhängige Reaktionen, bei ermüdeten Personen gleichfalls gesteigert gefunden wurden.

Übrigens sind die Unterschiede nicht immer ganz so groß wie in dem angeführten Beispiele, sie finden sich aber so gesetzmäßig, daß ich eine Verwertbarkeit dieser Beobachtungen auch für psychopathologische Zwecke für möglich halten möchte.

*(Eingegangen am 31. Mai 1904.)*

---