

(Aus der physikalischen Abteilung des physiologischen Instituts
der Universität Berlin.)

Einige Beobachtungen über die Wirkung des Druckes und des galvanischen Stromes auf das dunkeladaptierte Auge.

(Zum Teil nach Versuchen von Herrn cand. med. BLECKWENN.)

Von
W. A. NAGEL.

G. E. MÜLLER¹ hat bekanntlich die höchst interessante Entdeckung gemacht, daß die Empfindlichkeit des Auges für inadäquate Reizung durch galvanische Ströme vom Adaptationszustande unabhängig ist. Indem er an fünf Versuchspersonen die Reizschwellen bestimmte, konnte er einen greifbaren Unterschied zwischen dem helladaptierten und dem gut dunkeladaptierten Auge nicht finden.

Im Zusammenhang mit anderen Untersuchungen über die Funktionsweise des dunkeladaptierten Auges, die ich in meinem Laboratorium im letzten Jahre ausführen ließ und gegenwärtig weiterführen lasse, habe ich Herrn cand. med. BLECKWENN veranlaßt, die MÜLLERSchen Versuche zu wiederholen. Herr B. hat sich dieser Aufgabe mit Sorgfalt und Geschick unterzogen und ist, wie ich hier mitteilen kann, zu einer vollen Bestätigung der Versuche MÜLLERS gelangt.

Das Versuchsverfahren war demjenigen M.s sehr ähnlich, insbesondere wurde die von M. angegebene, aus einer Mensurbrille hergestellte Elektrode zur Zuleitung des Reizes ins Auge

¹ Über die galvanischen Gesichtsempfindungen. *Diese Zeitschrift* 14 8. 329.

benützt und zweckmässig befunden. In einer Reihe anderer Versuche wurde eine Iorgnettenähnliche Vorrichtung verwendet, d. h. eine ringförmige, mit Flanell überzogene Elektrode, die an einen Stiel gehalten wurde. Für die Schwellenbestimmungen, bei denen Gleichmässigkeit der Stromzuleitung nötig ist, kam natürlich nur die erstere Elektrode in Betracht.

Herr B. bestimmte die Reizschwellen am Schliessungs- oder Öffnungsschlag unter Variierung des eingeschalteten Widerstandes. Für einen Teil der Versuche wurden Induktionsschläge verwendet, die durch Veränderung des Rollenabstandes in ihrer Intensität variiert werden konnten.

Nachdem so die Unabhängigkeit der elektrischen Reizschwellen am Auge vom Adaptationszustande von neuem bestätigt war, habe ich noch einige Beobachtungen über das Verhalten der Druckphosphene in verschiedenen Adaptationsstadien angestellt und von einigen anderen Personen zur Kontrolle meiner Ergebnisse ausführen lassen.

Schwellenbestimmungen sind bei dieser Reizart begreiflicherweise so gut wie ausgeschlossen, sie würden niemals über einen sehr geringen Grad von Genauigkeit hinauskommen. Dagegen geht es sehr wohl an, bei deutlich überschwelligen Druckreizen einen Vergleich der relativen Stärke des zu erzielenden Phosphens auszuführen. Mit einiger Übung gelingt es, eine bestimmte Form des Phosphens unter gleichen Umständen sehr gleichmässig immer wieder hervorzurufen. Ich wählte die Erscheinung, die bei maximaler Innenwendung eines Auges auftritt, wenn ich mit einer stumpfen Spitze hart am Orbitarande einen kurzen leichten Druck gegen das Auge ausübe. Das Resultat ist ein gewöhnlich nicht ganz vollständiger heller Ring, der etwa in die Gegend der Nasenwurzel verlegt wird. Ein oder zwei kleinere Ringe erscheinen im Innern des ersteren, konzentrisch zu jenem.

Wenn ich nun diesen Versuch an dem einen helladaptierten und dem anderen durch $\frac{1}{2}$ stündigen Verband dunkeladaptierten Auge vergleichsweise ausführe, so ergibt sich sogleich, dass auch das Druckphosphen mit der Dunkeladaptation nur in verhältnissmässig geringem Masse an Intensität zunimmt. Ich habe allerdings den bestimmten Eindruck, dass die Erscheinung am Dunkelaugen doch intensiver ist, indessen ist das Urteil hierüber unsicher, weil der Reizerfolg in beiden Augen qualitativ un-

gleich ist, und infolgedessen die quantitative Vergleichung etwas erschwert ist.

Während nämlich der erwähnte Ring am Hellauge gelblich und schmal ist, erscheint er am Dunkelauge in deutlich bläulichweißem Licht und merklich verbreitert. Die Erscheinung ist hierdurch in dem dunkel gehaltenen Auge beträchtlich glänzender. Jedenfalls kann aber davon keine Rede sein, daß die adaptive Empfindlichkeitssteigerung der Netzhaut für mechanischen Reiz von der gleichen Größenordnung wäre wie für den Lichtreiz.¹

Im Hinblick auf die Angaben MÜLLERS, der die galvanischen Lichterscheinungen je nach der Stromrichtung in Complementärfarben (bei absteigendem Strom grünlichgelb, bei aufsteigendem violettblau) fand, wünschte ich festzustellen, ob etwa farbentüchtige Personen eine ähnliche Färbung an dem Druckphosphen konstatieren könnten. Mein eigenes Urteil ist hier nicht maßgebend, da ich Dichromat (Deutanop) bin, und einen grünlichen Ton im Gelb, einen violetten im Blau nicht wahrnehmen könnte. Ich habe daher auch zwei farbentüchtige gut beobachtende Personen veranlaßt, den Versuch in gleicher Weise auszuführen. Es wurde mir von beiden bestätigt, daß der Lichtreiz im Hellauge entschieden gelblich sei. Auf Befragen, ob das Gelb eher gegen das Rötliche oder gegen das Grünliche hin abweiche, erhielt ich die Antwort, die Farbe neige eher gegen das Rötlichgelbe. Im Dunkelauge wurde das Phosphen als weiß oder bläulichweiß bezeichnet.

Nachdem mir diese deutliche qualitative Verschiedenheit des Druckphosphens zwischen Hell- und Dunkelauge bekannt geworden war, prüfte ich die galvanischen Lichtempfindungen nochmals auf diese Frage hin nach, um festzustellen, ob auch hierbei wenigstens eine Farbenverschiedenheit erkennbar sei. Nach guter Dunkeladaptation des einen Auges befestigte ich die erwähnte Brillenelektrode vor den Augen und applizierte die andere Elektrode am Nacken. Die Stromzuleitung zu den beiden Hälften der Brillenelektrode war so eingerichtet, daß ich durch Umlegen einer Wippe den Strom (von 4 Volt Spannung) abwechselnd dem einen und dem anderen Auge zuleiten konnte.

¹ Zu bedenken ist freilich, daß die in Betracht kommenden, zum Sehen wenig verwendeten äußersten Teile der Netzhautperipherie stets nur unvollkommen helladaptiert werden können.

Mit einem Tasterschlüssel erzeugte ich Schließungs- und Öffnungsblitze. Die Phosphene waren indessen am Hell- und am Dunkelauge qualitativ und quantitativ durchaus übereinstimmend beschaffen. Es besteht also hinsichtlich der Abhängigkeit der Druckphosphene und galvanischen Phosphene vom Adaptationszustand ein deutlicher Unterschied.

Herrn BLECKWENN hatte ich veranlaßt, nächst den erwähnten Versuchen über die galvanischen Phosphene noch eine weitere Versuchsreihe anzustellen, um zu prüfen, ob die Lichtempfindlichkeit des dunkeladaptierten Auges unter dem Einfluß elektrischer Durchströmung des Auges alteriert werde oder nicht. Aus der von KÜHNE beobachteten Unempfindlichkeit des Sehpurpurs gegen galvanische Durchströmung des Auges konnte nicht geschlossen werden, daß die Galvanisierung nun ganz ohne Einfluß auf die Lichtreizschwelle sein müsse. Bei den zahlreichen Schwellenmessungen am dunkeladaptierten Auge, die wir im letzten Jahre ausgeführt hatten, war uns sehr häufig der störende Einfluß der subjektiven Lichterscheinungen, des aus unbekannter Ursache gesteigerten Eigenlichtes der Netzhaut, aufgefallen. Nun tritt bekanntlich bei der Einwirkung mächtig starker absteigender Ströme eine im ersten Augenblick überraschend tiefe Schwärze des Gesichtsfeldes auf, während andererseits der aufsteigende Strom das Gesichtsfeld in weißlichem Lichte erscheinen läßt. Diese Unterschiede im Zustande des Gesichtsfeldes sind erheblicher als die aus unbekannten inneren Ursachen auftretenden Schwankungen des Eigenlichtes, und die Prüfung ihrer Wirkung auf die Lichtsinnschwelle erschien darum wohl lohnend. Da das von subjektiven Lichtnebeln möglichst freie schwarze Gesichtsfeld erheblich niedrigere Reizschwellen ergibt, als das mit Lichtnebeln erfüllte, konnte man an die Möglichkeit denken, daß auch das durch absteigenden Strom gereinigte oder geschwärzte Dunkelgesichtsfeld niedrigere Lichtreizschwellen aufweisen würde. Freilich ließe sich auch für die gegenteilige Vermutung etwas anführen, für die Annahme, daß der absteigende Strom mit der Beseitigung des Eigenlichtes auch die Empfindlichkeit für äußere Reize vermindern möchte.

Die Versuche haben weder der einen noch der anderen Vermutung recht gegeben, die Schwellen blieben im auf- wie im absteigenden Strom unverändert auf der gleichen Höhe.

Die hierauf bezüglichen Versuche wurden mit der von

H. PIPER¹ beschriebenen Anordnung ausgeführt, die den zeitlichen Anstieg der Lichtempfindlichkeit im Dunkelaufenthalt und die Endschwellen mit grosser Genauigkeit und zugleich recht bequem zu bestimmen gestattete.

Herr BLECKWENN hatte durch häufige Beteiligung an den PIPERSchen Versuchen Erfahrung in der Benützung des Apparates und Übung in der Einstellung seiner Lichtreizschwellen gewonnen. In einigen Versuchen fungierte auch Herr Dr. PIPER als Beobachter, in einigen anderen ich.

Die Zuleitung des Stromes geschah durch die oben erwähnten Elektroden. Um die Schliessungs- und Öffnungsblitze zu vermeiden, das Auge also in den Strom einschleichen zu lassen, diente eine Vorrichtung, die in dieser Form ursprünglich von BLASIUS und SCHWEITZER² angegeben und von mir³ bei galvanotaktischen Versuchen als zweckmässig erprobt war. In ein mit Zinksulfatlösung gefülltes Stück Gummischlauch waren an beiden Enden Korke eingesetzt, die von amalgamierten Zinkstäbchen durchbohrt waren; letztere waren mit den Zuleitungsdrähten verbunden. Eine Klemme gestattete, durch allmähliches Zudrücken des Schlauches den Strom ganz unmerklich verschwinden zu lassen. Wir verwendeten Stromstärken von der geringsten Intensität an, bei der noch eine merkliche Erhellung des Gesichtsfeldes bei aufsteigender, Verdunkelung bei absteigender Stromesrichtung vorhanden war, bis zu solchen, bei denen selbst die feuchten, der Haut gut anliegenden Elektroden heftigen Hautschmerz erzeugten. Eine Verschiebung der Lichtreizschwelle erzielten wir indessen, wie gesagt, nie, weder bei aufsteigendem, noch bei absteigendem Strom.

In diesem Zusammenhang möge endlich noch erwähnt werden, dass ich auch durch längere Zeit anhaltenden Druck auf das Auge eine Beeinflussung des Dunkeladaptationsvorganges nicht habe finden können. Mafs ich meine Reizschwelle nach halbstündigem Dunkelaufenthalt, oder nach halbstündigem Tragen eines das Auge nicht drückenden lichtdichten Verbandes auf einem Auge, oder endlich nach halbstündigem Tragen eines Druckverbandes, so ergab sich in allen drei Fällen die gleiche

¹ *Diese Zeitschrift* 31.

² *Pflügers Archiv* 53.

³ *Ebenda* 59.

Schwelle; die unvermeidlichen kleinen Schwankungen der einzelnen Messungen waren nicht gröfser, als bei verschiedenen unter ganz übereinstimmenden Bedingungen ausgeführten Versuchen. Auch wenn ich im Hellen einen Druckverband auf einem Auge anlegte, und dann im völligen Dunkel eine Stunde verweilte, fand ich nach Abnahme der Binde die Reizschwellen beider Augen übereinstimmend, die Helligkeit schwacher überschwelliger Lichter nicht merkbar unterschieden.

(Eingegangen am 20. November 1903.)
