

the anion of the second electrolyte on the activity of the (most strongly flocculating) cation of the first.

5. As an example the case has been calculated of the flocculation of the negatively charged AgJ sol, flocculated by  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  and  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . The antagonistic effect of the  $\text{K}_2\text{SO}_4$  causes an almost ninefold concentration of the Al-ion. Nevertheless the activity of the Al-ions decreases along the flocculation curve (VESTER).

Utrecht, April 1935.

van 't Hoff Laboratory.

**Medicine.** — *Ueber die Reaktion der Augenmuskeln auf zwei gleichzeitig zugeführte vestibuläre Reize, zugleich ein Beitrag zur Frage der labyrinthären Genese des Dunkelnystagmus.* Von J. LE HEUX und A. DE KLEYN.

(Communicated at the meeting of April 27, 1935).

Die Entdeckung von RAUDNITZ<sup>1)</sup>, dass junge Hunde im Dunkeln Augenzittern bekommen, hat besonders an Bedeutung gewonnen nachdem OHM<sup>2)</sup>, wohl der beste Kenner des Augenzitterns der Bergleute, feststellen konnte „dass der bei jungen Hunden durch Dunkelheit hervorgerufene Nystagmus in Bezug auf Ablauf, Ausschlag und Dauer der Zuckung, den Einfluss von Ruhe und Bewegung mit dem Augenzittern der Bergleute vollkommen übereinstimmt“. OHM hat sofort erkannt, dass sich durch die Entdeckung von RAUDNITZ die Möglichkeit ergibt, nähere experimentelle Untersuchungen auszuführen und auf diese Weise die rätselhafte Genese des Augenzitterns der Bergleute mehr oder weniger zu lösen.

Im Anfang meinte OHM aus eigenen Versuchen schliessen zu können, dass nach doppelseitiger Labyrinthexstirpation der Dunkelnystagmus bei Hunden verschwindet und der labyrinthäre Ursprung des Dunkelzitterns damit experimentell bewiesen sei.

Wie so oft, hat sich auch hier herausgestellt, dass man mit Schlüssen aus derartigen negativen Versuchsergebnissen sehr vorsichtig sein muss. Wie aus den Protokollen von OHM hervorgeht, war nach doppelseitiger Labyrinthexstirpation das Allgemeinbefinden seiner Versuchstiere schlecht und dieses war wahrscheinlich die Ursache des Verschwindens des Dunkelnystagmus nach dem Eingriff.

In einer Versuchsreihe, welche später im pharmakologischen Institut in Utrecht mit VERSTEEGH<sup>3)</sup> ausgeführt wurde, konnte gezeigt werden, dass bei gutem Allgemeinbefinden der Tiere:

1) RAUDNITZ, R.: *Vers. d. Ges. f. Kinderh.* Karlsbad 1902.

2) OHM J.: *Das Augenzittern der Bergleute und Verwandtes.* Berlin, Springer 1916.

3) DE KLEYN A. und VERSTEEGH C: *Graefe's Archiv.* 101, 1920, 228.

a. ein bestehender Dunkelnystagmus nach doppelseitiger Labyrinthexstirpation nicht verschwindet und

b. nach doppelseitiger Labyrinthexstirpation Dunkelnystagmus noch zur Entwicklung gebracht werden kann.

OHM hat sofort die Konsequenz aus diesen Versuchen gezogen und den Einfluss der Vestibularorgane auf den Dunkelnystagmus vom peripheren Labyrinth ins Vestibularkerngebiet verlegt.

Später hat dann BLOHMKE<sup>1)</sup> zeigen können, dass das Dunkelzittern bei Hunden auch nach beiderseitiger Stammdurchtrennung und nach *einseitiger* Kernzerstörung des N. vestibularis nicht verschwindet. Diese Versuche von BLOHMKE, so interessant sie auch sein mögen, können jedoch nicht ohne weiteres gegen die Auffassung von OHM ins Feld geführt werden, weil die Zerstörung des Vestibularkerngebietes nur an *einer* Seite stattgefunden hatte. Wer mit den technischen Schwierigkeiten derartiger Versuche vertraut ist, wird auch begreifen, dass eine doppelseitige Kernzerstörung einen derartig schädigenden Einfluss auf das Allgemeinbefinden der Tiere haben muss, dass selbst wenn der Dunkelnystagmus vollkommen unabhängig vom Vestibularsystem auftritt, es nicht zu erwarten ist, dass er nach einem derartig schweren Eingriff bestehen bleibt.

Wie dem auch sei, OHM hält bezüglich der Ursache des Dunkelnystagmus und des Nystagmus der Bergleute noch an seiner Formel  $U = \frac{R}{B} Z$  fest, wobei B die Beleuchtung in den Gruben, Z die Zeit in der die Schädigungen einwirken und R Faktoren vorstellen, welche den Vestibularapparat beeinflussen.

Während über den Einfluss von B und Z wohl Einigkeit herrscht, bleibt der Einfluss des Faktors R, wie auch aus obigem hervorgeht, noch sehr umstritten.

Nun ist aber schon in den früheren Versuchen mit VERSTEEGH<sup>2)</sup> ein Befund erhoben worden, welcher es u.E. unwahrscheinlich macht, dass für das Entstehen des Dunkelnystagmus das Vestibularorgan eine *conditio sine qua non* darstellt. Sofort sei bemerkt, dass hiermit nicht gesagt werden soll, dass die Vestibularorgane keinen Einfluss auf den Dunkelnystagmus ausüben können. Es steht vielmehr so, wie mit dem Einfluss des Cerebellums auf die vestibulären Reflexe. Auch nach totaler Cerebellumexstirpation können alle bis jetzt bekannten vestibulären Reflexe noch ausgelöst werden, d.h. also dass für die Auslösung der vestibulären Reflexe das Cerebellum nicht notwendig ist. Damit will aber keineswegs gesagt werden, dass es keinen cerebellären Einfluss auf den Ablauf der vestibulären Reflexe gibt.

Der obengenannte Befund ist die Superposition von vestibulärem und

1) BLOHMKE A.: Verh. d. Ges. D. Hals-Nasen-und Ohrenärzte Wien 1927. Zeitschr. f. Hals-Nasen-und Ohrenheilk. 18, 1928, 427.

2) *loc. citat.*

Dunkelnystagmus, welcher aus folgendem Protokoll eines früheren Versuchs mit VERSTEEGH hervorgeht :

*Versuch V.*

18 II 1919 wird das Versuchstier in einem dunklen Raum untergebracht ;

25 II werden einige vertikale Nystagmusbewegungen beobachtet ;

31 III Es stellt sich heraus, dass der Raum nicht vollkommen dunkel ist, dem wird abgeholfen ;

12 IV starker horizontaler, etwas rotatorischer Dunkelnystagmus bei allen Blickrichtungen. Dieser Nystagmus wird mittels eines, nach Cocainisierung durch die linke Cornea gezogenen Seidenfadens auf ein Kymographion registriert (Fig. 1);

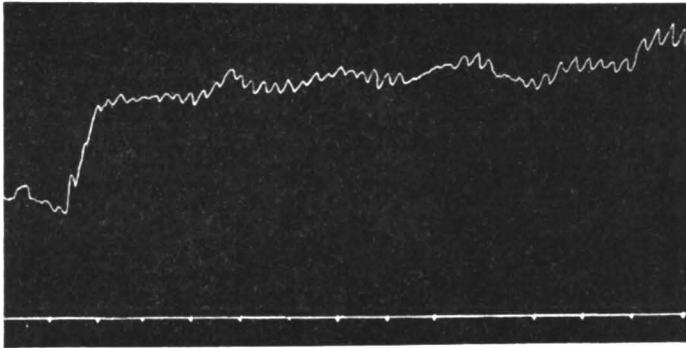


Fig. 1.

14 IV Durch Ausspritzung des Gehörganges mit kaltem Wasser wird das rechte Labyrinth gereizt, wodurch vestibulärer Nystagmus mit der schnellen Komponente nach links ausgelöst wird. In Fig. 2 ist dieser Nystagmus registriert. Ebenso wie in Fig. 1 ist der Faden in der linken Cornea auf solche Weise befestigt, dass bei Bewegungen des linken Auges nach rechts die Linie nach oben verläuft.

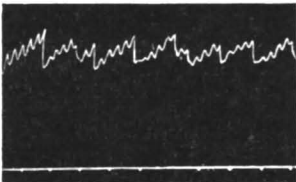


Fig. 2.

Das gleichzeitige Nebeneinanderbestehen der beiden Nystagmusformen tritt in dieser Kurve deutlich zu Tage : eingeschaltet in die grösseren, langsameren Ausschläge des vestibulären Nystagmus sind die kleineren, häufigeren des Dunkelnystagmus.

Dieses Resultat ist eventuell zu erwarten bei dem gleichzeitigen Auftreten von zwei rhythmischen Augenbewegungen, von denen die eine vestibulären und die andere nicht-vestibulären Ursprungs ist, so dass gegebenenfalls die beiden Arten von Augenbewegungen sich auf einander superponieren

können. Wird dagegen bei bestehendem vestibulärem Nystagmus ein anderer vestibulärer Reiz zugeführt, der auch im Stande ist, Nystagmus auszulösen, so ist eher zu erwarten, dass dieser letztere Reiz den schon bestehenden Nystagmus verstärkt oder schwächt, mit anderen Worten eine Resultante zur Folge hat.

Seinerzeit sind mit VERSTEEGH schon einige diesbezügliche Versuche gemacht worden, wobei sich herausgestellt hat, dass :

a. der Drehnystagmus, ausgelöst bei Hunden mit schon bestehendem kalorischen Nystagmus auf die Frequenz und die Grösse der Ausschläge des letzteren wohl einen Einfluss ausübt, dass aber keine Rede davon ist, dass beide Nystagmusarten neben einander bestehen bleiben.

b. wenn bei einseitig labyrinthektomierten Hunden mit vestibulärem Nystagmus Drehnystagmus ausgelöst wird, ebensowenig beide Nystagmusarten neben einander bestehen bleiben. In beiden Fällen tritt nur *eine* Form von Nystagmus auf.

Umgekehrt konnte bei Menschen mit Nystagmus latens und amblyopischem Nystagmus eine Superposition von diesen Nystagmusarten und einem kalorischen Nystagmus beobachtet und sogar registriert werden <sup>1)</sup> (direkte Registrierung der Augenbewegungen auf ein Kymographion mittels eines Fadens, welcher an dem Rand der Cornea befestigt war, ganz in Uebereinstimmung mit der Registrierung von Superposition von kalorischem und Dunkelnystagmus. S. Fig. 2.).

Um die Reaktion der Augenmuskeln auf zwei gleichzeitig zugeführte vestibuläre Reize genauer zu untersuchen, sind im letzten Jahre zwei Versuchsreihen ausgeführt worden. Bei der einen Versuchsreihe wurden, wie in den Versuchen mit VERSTEEGH, die Bewegungen des ganzen Bulbus registriert, bei der zweiten wurde nach der Methode von TOPOLANSKI-BARTELS eine Registrierung der isolierten Augenmuskeln (M. rectus int. und M. rectus ext.) vorgenommen. Die Resultate von beiden Versuchsreihen waren vollkommen die gleichen.

Auch bei der Registrierung der isolierten Augenmuskeln wurde nie eine Superposition der beiden Nystagmusformen beobachtet. Aus rein äusserlichen Gründen haben wir für diese Versuche Kaninchen benützt. Da jedoch, wie schon oben gesagt, die Registrierung der isolierten Augenmuskeln genau dieselben Resultate ergab, wie die Registrierung der Bulbusbewegungen, und diese letzteren bei Kaninchen genau übereinstimmten mit denjenigen, die bei Hunden bei Registrierung der Bulbusbewegungen gefunden wurden, ist es höchstwahrscheinlich, dass auch in Bezug auf die isolierten *Augenmuskeln* bei Hunden keine Superposition der Nystagmusformen bei zwei gleichzeitig zugeführten vestibulären Reizen stattfinden wird.

In allen Versuchen wurden die Bulbus- und Augenmuskelbewegungen

---

<sup>1)</sup> Leider sind die Kurven, welche in der Kriegszeit auf schlechtes Papier geschrieben wurden, nicht mehr reproduktionsfähig.

des linken Auges registriert, und die Versuche wurden entweder in Aether-narcose oder nach Exstirpation der Grosshirnhemisphären ausgeführt. Bei der Registrierung der Augenmuskelbewegungen wurde, wie schon oben gesagt, die bekannte Methode von TOPOLANSKI-BARTELS benützt.

Bei der kalorischen Reizung wurden die Gehörgänge mit kaltem Wasser von  $\pm 14^{\circ}$  C. ausgespült. Für die galvanische Reizung der Labyrinth wurden zwei hohle Elektroden benützt, welche in die Gehörgänge eingeführt wurden; der Strom wurde immer sehr langsam eingeschaltet, um Spontanbewegungen der Versuchstiere so viel wie möglich zu verhüten. Da die Elektroden hohl waren, konnten sie zu gleicher Zeit auch für die kalorische Ausspülung der Gehörgänge benützt werden.

Die Resultate der Versuche waren die folgenden:

### I. Kombination von galvanischer und kalorischer Reizung.

Fig. 3 zeigt den galvanischen Nystagmus vom M. rectus externus des

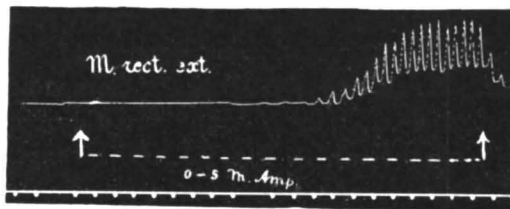


Fig. 3.

linken Auges bei Durchführung von einem Strom bis zu 5 m Amp. (Kathode im rechten Gehörgang).

Fig. 4 zeigt im Anfang das Resultat der kalorischen Reizung bei Ausspülung des linken Gehörganges desselben Versuchstieres mit kaltem Wasser. Bei  $\uparrow$  wird der galvanische Strom eingeschaltet (wie in Fig 3 bis

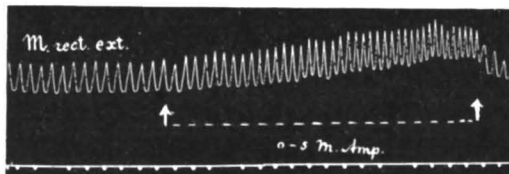


Fig. 4.

zu 5 m Amp. mit der Kathode im rechten Gehörgang). Beide Nystagmusformen haben dieselbe Richtung mit der schnellen Komponente nach rechts. Durch die Kombination von kalorischer und galvanischer Reizung wird die Frequenz deutlich erhöht, eine Superposition wie in Fig. 2 findet jedoch nicht statt. Mehrere Versuche mit verschiedener Stromstärke (bis

zu 15 m Amp.), umgekehrter Richtung des Nystagmus und Registrierung der Bewegungen des ganzen Bulbus ergaben stets dasselbe Resultat.

## II. Kombination von Reizung des Hirnstammes und kalorischer Reizung.

Vor einigen Jahren hat BLOHMKE <sup>1)</sup> gezeigt, dass es gelingt, durch faradische Reizung des Hirnstammes, besonders der Oberfläche des Thalamus an der Stelle, an welcher der Thalamus in die vorderen Vierhügel übergeht, einen Nystagmus von vestibulärem Typus auszulösen.

Fig. 5 zeigt einen derartigen Nystagmus bei Reizung an der oben

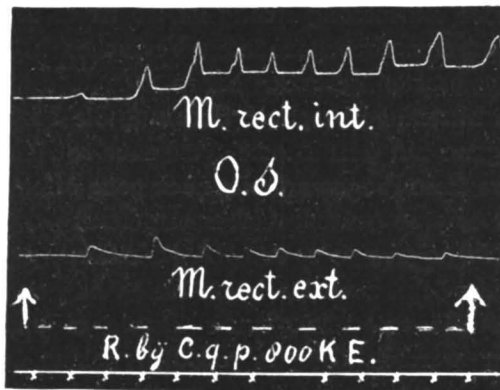


Fig. 5.

angegebenen Stelle der rechten Seite mit 800 K.E. Registrierung der Bewegungen des M. rect. int. und M. rect. ext. des linken Auges.

Fig. 6 zeigt im Anfang einen kalorischen Nystagmus derselben Augenmuskeln, hervorgerufen durch Ausspritzung des rechten Gehörganges mit

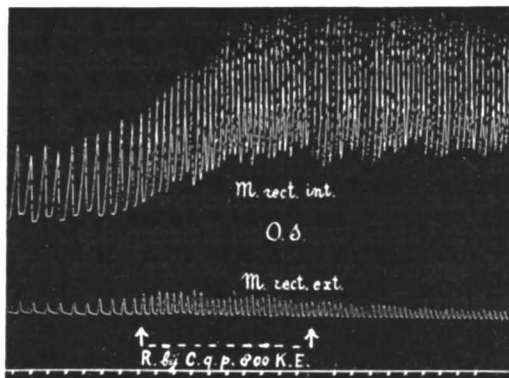


Fig. 6.

<sup>1)</sup> BLOHMKE A.: Mitt. I. Zeitschr. f. Hals-Nasen-und Ohrenheilk. 23, 1929, 213.

BLOHMKE A.: Mitt. II. Zeitschr. f. Hals-Nasen-und Ohrenheilk. 24, 1929, 520. (Verh. d. Ges. D. Hals-Nasen-und Ohrenärzte Königsberg 1929).

kaltem Wasser. Bei  $\uparrow$  wird der Hirnstamm gereizt, an genau derselben Stelle wie bei Fig. 5 angegeben (ebenfalls 800 K.E.). Die kalorische Reizung und die Reizung des Hirnstammes haben einen Nystagmus von derselben Richtung mit der schnellen Komponente nach links zur Folge.

BLOHMKE hält es für sehr wahrscheinlich, dass die Erregungen bei der elektrischen Reizung des Thalamus nicht direkt vom Thalamus in die Augenmuskelkerne gelangen, sondern zunächst zu noch nicht näher zu bestimmenden Zentren in der Substantia reticularis. Die elektrischen Nystagmus-erregungen werden vermutlich in ähnlicher Weise wie die vestibulären durch das kurze Bahnensystem der Formatio reticularis geleitet. Wenn diese Auffassung richtig ist, so ist es u. E. auch begreiflich, dass wir in unseren oben genannten Versuchen keine Superposition der beiden Nystagmusarten gefunden haben.

In seiner ersten Mitteilung bespricht BLOHMKE die Frage, inwieweit der elektrische Nystagmus mit dem Dunkelnystagmus in Analogie zu bringen ist und betont, dass diese Frage vorläufig noch ganz offen gehalten werden muss. Wohl sieht er eine gewisse Uebereinstimmung darin, dass sowohl der elektrische Nystagmus wie das Dunkelzittern durch vestibulären Nystagmus abgeschwächt, bzw. für kurze Zeit völlig aufgehoben werden können. Diese Auffassung BLOHMKE's konnte in unseren Versuchen insofern bestätigt werden, dass es wirklich gelang, den elektrischen Nystagmus durch vestibuläre Reize abzuschwächen oder zum Verschwinden zu bringen, aber nur dann, wenn der elektrische und vestibuläre Nystagmus entgegengesetzter Richtung waren. War die Richtung der beiden Nystagmusarten dieselbe, so haben wir immer nur eine Erhöhung der Frequenz der Nystagmusschläge gefunden.

Bei der Beeinflussung des Dunkelnystagmus durch vestibuläre Reizung steht die Sache ganz anders. Hierauf wurde schon in einer früheren Mitteilung mit VERSTEEGH hingewiesen: „In Bezug auf das gleichzeitige Auftreten von kalorischem und Dunkelnystagmus hat sich herausgestellt, dass bei starker kalorischer Reizung der Dunkelnystagmus unterdrückt wird, während beim Beginn und beim Abklingen dieser Reizung eine deutliche Kombination der beiden Nystagmusformen auftritt.“

In Uebereinstimmung mit den späteren Untersuchungen von BLOHMKE (Mitt. II) scheint es uns darum am wahrscheinlichsten, dass der sogenannte elektrische Nystagmus von BLOHMKE bei Reizung des Hirnstammes als eine Art vestibulärer Nystagmus aufgefasst werden muss und darum auch bei gleichzeitiger kalorischer Reizung eine Superposition der Nystagmusformen nicht auftritt.

### III. *Kombination von sogenanntem Alkoholnystagmus und galvanischer Reizung.*

ROTHFELD<sup>1)</sup> hat als erster im Jahre 1913 beobachtet, dass bei Kaninchen.

<sup>1)</sup> ROTHFELD J.: Arb. aus dem neurol. Instit. der Wiener Univ. 20, 1913, 88.

während akuter Alkoholvergiftung ein Spontannystagmus auftritt, dessen Richtung je nach der Lage des Kopfes im Raume verschieden ist. Dieser Nystagmus kommt besonders deutlich in den beiden Seitenlagen zur Beobachtung, bleibt so lange bestehen, wie die Lage des Kopfes im Raume beibehalten wird und hat eine ganz bestimmte Richtung: sowohl in rechter wie in linker Seitenlage des Kopfes schlägt der Nystagmus des oben liegenden Auges mit der schnellen Komponente nasalwärts, derjenige des unten liegenden Auges mit der schnellen Komponente ohrenwärts.

In einer Mitteilung mit VERSTEEGH<sup>1)</sup> wurden verschiedene Gründe angeführt, welche für eine labyrinthäre Genese dieses Alkoholnystagmus sprechen. So war es nach doppelseitiger Labyrinthexstirpation nicht möglich, einen Alkoholnystagmus auszulösen, während nach einseitiger Labyrinthexstirpation eine Asymmetrie der Nystagmusschläge in dem Sinne auftrat, dass letztere z. B. nach rechtsseitiger Labyrinthektomie nur dann zu beobachten waren, wenn das linke Labyrinth sich unten befand.

Bei der Kombination von Alkoholnystagmus und galvanischer Reizung konnte das folgende festgestellt werden:

Fig. 7 zeigt den galvanischen Nystagmus bei einem Versuchstier. Kopf

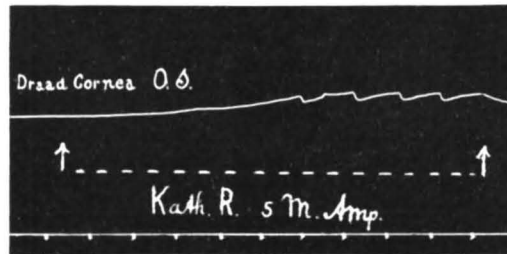


Fig. 7.

in rechter Seitenlage, Registrierung der Bewegungen des linken *Bulbus*. Stromstärke bis zu 5 m Amp. (Kathode rechts).

Fig. 8. Am Anfang der Kurve sieht man die Registrierung des Alkoholnystagmus bei demselben Tier, nachdem es 6 cc 96 % Alkohol pro Kilo Tier mittels einer Magensonde verabreicht bekommen hatte. Bei ↑

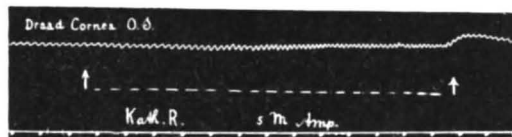


Fig. 8.

galvanische Reizung von den Gehörgängen aus (ebenfalls bis zu 5 m Amp. und Kathode rechts).

Auch in diesem Falle ist die Richtung der beiden Nystagmusformen

<sup>1)</sup> DE KLEYN A. und VERSTEEGH C.: Acta oto-laryngologica 14, 1930, 356.



dieselbe. Das Resultat ist auch hier eine Erhöhung der Frequenz der Nystagmusschläge ohne jede Superposition.

Die Versuche mit Alkoholnystagmus sind besonders darum sehr lehrreich, weil die Frequenz der Nystagmusschläge beim Alkoholnystagmus ebenso wie beim Dunkelnystagmus eine sehr hohe ist, während sie beim galvanischen Nystagmus viel niedriger ist (s. Fig. 7), so dass bei der Kombination von galvanischem und Alkoholnystagmus eine Superposition sehr schön zu beobachten wäre.

Fig. 9 zeigt ebenfalls die Kombination von Alkoholnystagmus und galvanischer Reizung (bis zu 6 m Amp. Kathode rechts), nur sind in diesem Falle die Nystagmusschläge des isolierten M. rect. ext. statt des ganzen Bulbus registriert worden.

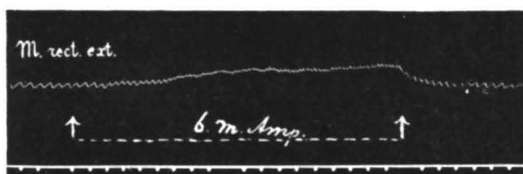


Fig. 9.

Auch hier sieht man nur eine Frequenzerhöhung der Nystagmusschläge, ohne jede Spur von Superposition.

In allen bis jetzt genannten Versuchen wurden immer je zwei solche Reize kombiniert, die, wiewohl sie verschieden waren, doch einen Nystagmus von derselben Richtung hervorriefen. In einer anderen Versuchreihe wurden dieselben Kombinationen benützt, jedoch solche Reize gewählt, die Nystagmusformen von entgegengesetzter Richtung auslösten. Aber auch in diesen Versuchen wurde immer nur eine Frequenzänderung, d.h. in diesen Fällen eine Frequenzverminderung bis zum Verschwinden der Nystagmusschläge beobachtet. Eine Superposition wurde nie gefunden.

Die Superposition, welche bei der Kombination von Dunkelnystagmus mit einem vestibulären Reiz wahrgenommen werden kann (Fig. 2) ist nicht nur von Interesse in Bezug auf die Genese des Dunkelnystagmus, sondern hat auch noch insofern eine weitere theoretische Bedeutung, als aus dieser Tatsache hervorgeht, dass im Augenmuskelnerven zu gleicher Zeit zwei Reize fortgeleitet werden können, welche beide auf das Endorgan, den Augenmuskel, erregend wirken.

Hierauf hoffen wir, sobald weitere Versuche über die Superposition beim Dunkelnystagmus am isolierten Augenmuskel abgeschlossen sein werden, in einer späteren Mitteilung näher einzugehen.

#### Zusammenfassung.

1. Es gelingt bei vorhandenem Dunkelnystagmus durch vestibuläre Reizung eine Superposition von beiden Nystagmusformen hervorzurufen.

2. Durch die Kombination von zwei vestibulären Reizen ist es bisher nicht gelungen, eine Superposition von zwei Nystagmusformen zu bekommen. Bei einer derartigen Kombination, wenn also bei einem bestehenden vestibulären Nystagmus ein anderer vestibulärer Reiz zugeführt wurde, der ebenfalls Nystagmus auslöst, trat immer nur eine Frequenzerhöhung, resp. Frequenzverminderung auf, auch in den Fällen, in denen die beiden vestibulären Reize je einen Nystagmus von ganz verschiedener Frequenz auslösen.

3. Im Verein mit anderen, oben näher erörterten Tatsachen sprechen die Resultate dieser Versuche dafür, dass eine vestibuläre Genese des Dunkelnystagmus sehr unwahrscheinlich ist.

---

**Astronomy.** — *The Stark effect of hydrogen in first type stellar spectra.*

By A. PANNEKOEK and S. VERWEY.

(Communicated at the meeting of April 27, 1935).

1. The broad lines of hydrogen in the spectra of class A stars were explained by O. STRUVE<sup>1)</sup> as results of a Stark effect in the atmospheres of these stars. By the Stark effect each hydrogen line in a homogeneous electric field is split up into a definite number of components, at distances increasing with the field strength. In a stellar atmosphere there are a number of negatively charged free electrons and positively charged ions, due to the ionization of part of the atoms. They produce electric fields by which the lines, emitted or absorbed by the hydrogen atoms in their vicinity, are split into components. As the distances of the charged particles to the hydrogen atoms are different, and change continually, the electric fields working on an atom are also variable, strong fields occurring less frequently than weak fields. Hence Stark patterns of every scale are superposed, and the result is that in this atom and electron mixture the hydrogen lines are broadened to bands with their intensity decreasing with the wave length difference.

The derivation of the intensity distribution within an absorption line of hydrogen in a stellar spectrum (i.e. the line profile) has to proceed in a number of consecutive steps.

Firstly we want to know the probability of each value of the electric force affecting a hydrogen atom in the atmosphere. This probability for a mixture of atoms and charged particles has been derived by HOLTSMARK. If there are  $n_e$  charged particles in unit volume, the mean distance to an atom is  $\propto n_e^{-1/3}$ , and the mean electric field strength is  $\propto n_e^{2/3}e$ , where  $e$  is the electron charge. Hence HOLTSMARK takes a normal electric force

<sup>1)</sup> *Astrophys. J.* **69**, 173 (1929).