

# Über vestibuläre Augenreflexe III.

## Über die Genese des Kaltwassernystagmus bei Kaninchen.

Von

A. de Kleyn und W. Storm van Leeuwen.

(Aus dem Pharmakologischen Institut der Reichsuniversität Utrecht.)

Mit 8 Textabbildungen.

Bei der Erklärung des Kaltwassernystagmus werden gegenwärtig hauptsächlich zwei Theorien für maßgebend gehalten. Die eine ist die Theorie von B á r á n y, deren Grundlage die Annahme bildet, daß infolge der lokalen Abkühlung der Labyrinthwände in einem oder mehreren Bogengängen Endolymphströmungen auftreten. Durch diese lokale Abkühlung wird nämlich auch die Endolympe an der betreffenden Stelle abgekühlt und sinkt infolgedessen nach der am tiefsten gelegenen Stelle des Bogenganges. Die hierdurch entstandene Lymphströmung reizt das Sinusepithel der Ampulle. Ist die Kopfstellung des Tieres im Raume eine derartige, daß die Ampulla höher liegt als der abgekühlte Teil des Bogenganges, so entstehen ampullo-fugale Strömungen; ist das Umgekehrte der Fall, so entsteht eine ampullo-petale Strömung. Der Nystagmus, welcher durch diese beiden Strömungen ausgelöst wird, ist entgegengesetzter Richtung.

Bartels vertritt die Ansicht, daß die Ausspritzung der Gehörganges mit kaltem Wasser eine Ausschaltung des Labyrinthes bewirkt, so daß der ausgelöste Nystagmus wesensgleich ist mit dem nach einseitiger Labyrinthexstirpation auftretenden spontanen Nystagmus. Die Folgen der Ausspritzung mit warmem Wasser könnten dann mit der Reizung des N. vestibularis derselben Seite verglichen werden.

In einer vorigen Mitteilung aus diesem Institut konnte nachgewiesen werden, daß diese Auffassung von Bartels sicher nicht richtig ist<sup>1)</sup>.

Übrigens haben schon früher verschiedene Forscher versucht, die Theorie von Bartels zu widerlegen. In erster Linie ist darauf hingewiesen worden, daß, wenn Bartels' Theorie richtig wäre, nach einseitiger Labyrinthexstirpation von dem intakten Ohr aus niemals Kaltwasser-

<sup>1)</sup> A. de Kleyn und W. Storm van Leeuwen: Über vestibuläre Augenreflexe I. Über die Entstehungsursache des kalorischen Nystagmus. Nach Versuchen an Katzen und Kaninchen, Graefes Arch. f. Ophthalmol., **94**, 316. 1917.

nystagmus ausgelöst werden könnte. Diesen Standpunkt nimmt Hofer<sup>1)</sup> ein, wie auch aus folgendem Zitat sehr deutlich hervorgeht: „Dieses tatsächliche Auftreten eines rotatorischen Nystagmus nach der operierten Seite wäre nach Bartels' Theorie' wie er ja selbst zugesteht, total unmöglich, weil eben das operierte Labyrinth fehlt und also nicht überwiegen kann über das gesunde, welches durch die kalte Ausspülung gelähmt werden soll; es sollte also nach Bartels in so einem Fall gar kein Nystagmus auftreten, was aber den klinischen Tatsachen vollständig widerspricht“ (S. 1317 und 1318). Dieses Argument Hofers gegen die Theorie von Bartels ist jedoch nicht stichhaltig, denn schon Bechterew<sup>2)</sup> hat in seinen bekannten Versuchen gezeigt, daß, wenn man das eine Labyrinth extirpiert und einige Tage später das andere entfernt, neuerdings Nystagmus in der Richtung<sup>3)</sup> des zuerst entfernten Labyrinths auftritt. Hieraus geht also hervor, daß, auch wenn man sich auf den Standpunkt von Bartels stellt, das Auftreten eines derartigen Nystagmus nach der Richtung des extirpierten Labyrinthes bei Ausspülung des intakten Ohres mit kaltem Wasser keineswegs, wie Hofer behauptet, der Ausschaltungstheorie widerspricht. Dies hat Bartels<sup>4)</sup> selbst auch schon in einer seiner Mitteilungen betont. Nicht deutlich ist jedoch ein anderes Argument, welches Bartels<sup>5)</sup> gegen die Theorie von Bárány anführt. Bei einem Kaninchen, welchem er einen Octavus durchschnitten hatte, konnte durch Spülung des Gehörganges des intakten Ohres sowohl mit kaltem als mit warmem Wasser nur Nystagmus in der Richtung des intakten Ohres ausgelöst werden. Dieser Befund kann weder mit der Theorie von Bárány, noch mit der von Bartels erklärt werden. Wir haben übrigens eine derartige Erscheinung in keinem einzigen von unsren zahlreichen Versuchen beobachtet<sup>6)</sup>.

Es ist schwer zu entscheiden, was die Ursache dieses abnormen Befundes von Bartels gewesen sein kann. Auf alle Fälle ist es aber empfehlenswerter, bei dieser Art von Untersuchungen Labyrinthextirpation vorzunehmen, als den Octavus zu durchschneiden, da bei diesem

<sup>1)</sup> J. Hofer, Untersuchungen über den kalorischen Kaltwassernystagmus. Monatschr. f. Ohrenheilk., 1912, S. 1313.

<sup>2)</sup> W. Bechterew, Ergebnisse der Durchschneidung des N. acusticus nebst Erörterung der Bedeutung der semizirkulären Kanäle für das Körpergewicht. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., 30, 312. 1883.

<sup>3)</sup> Unter Nystagmus nach einer bestimmten Richtung ist in dieser Mitteilung zu verstehen Nystagmus mit der schnellen Komponente nach der betreffenden Richtung.

<sup>4)</sup> M. Bartels, Über die vom Ohrapparat ausgelösten Augenbewegungen (Ophthalmostik). Klin. Monatsbl. f. Augenheilk., Jahrg. 50, 1912, S. 200.

<sup>5)</sup> Diskussion Verh. d. Otol. Gesellsch. Frankfurt 1911, S. 214.

<sup>6)</sup> S. auch F. Quix, Ein Fall von translabyrintharisch operiertem Tumor acusticus. Verh. d. Otol. Gesellsch. Hannover 1912, S. 252.

letzteren Eingriff Verletzungen des Zentralnervensystems niemals mit Sicherheit vermieden werden können.

Ein anderes starkes Argument gegen die Theorie von Bartels, welches unter anderen B $\acute{a}$ r $\acute{a}$ ny selbst betont hat, ist das Auftreten von kalorischem Nystagmus in verschiedenen Richtungen bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume. Dies ist  $\acute{u}$ brigens der Haupteinwand gegen die Theorie, welchem man immer wieder in der Literatur begegnet. Untersucht man aber den kalorischen Nystagmus bei verschiedenen Lagen des Kopfes im Raume, so darf man nicht au $\beta$ er acht lassen, da $\beta$  in diesen verschiedenen Stellungen tonische Reflexe auf die Augenmuskeln, die sog. kompensatorischen Augenstellungen auftreten, infolge derer die Stellung des Auges in der Orbita sich  $\acute{a}$ ndert. In erster Linie mu $\beta$  also untersucht werden, ob auch der spontane Nystagmus, welcher nach einseitiger Labyrinthexstirpation auftritt, bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume von wechselnder Richtung ist oder nicht. Dieses ist nun nicht der Fall.

Derartige Versuche hat unseres Wissens nur Kubo<sup>1)</sup> gemacht. Dieselben m $\ddot{o}$ gen hier kurz beschrieben werden. Kubo schnitt in seinen Versuchen den einen Octavus durch, gibt jedoch weder die Technik an noch, ob das Gelingen dieser Durchschneidung sp $\acute{a}$ ter anatomisch kontrolliert worden ist. Die Protokolle lassen einige Zweifel daran zu. Sechs Versuche werden ausf $\ddot{u}$ hrlicher mitgeteilt, eine kurze Beschreibung davon m $\ddot{o}$ ge hier folgen.

Versuch 1, 4 und 5 kommen nicht in Betracht, weil dabei der Nystagmus nicht bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume untersucht worden ist.

Versuch 2. Nach Kubo trat in Fall 2 nach Durchschneidung des rechten Octavus Nystagmus mit der schnellen Komponente nach der operierten Seite hin auf. Nach reizloser Labyrinthexstirpation tritt jedoch nicht, wie Kubo angibt, Nystagmus nach der operierten Seite hin, sondern gerade in entgegengesetzter Richtung auf.

Weiter gibt Kubo nur an: „Diese Bewegungen bleiben unver $\acute{a}$ ndert, wenn man die K $\ddot{o}$ rperlage des Tieres  $\acute{a}$ ndert.“

Versuch 3. Linker Acusticus zerst $\ddot{o}$ rt. Danach vertikale Nystagmusbewegungen. Nach einigen Stunden rein horizontaler Nystagmus auf der operierten Seite nach der Nase hin. Dieser horizontale Nystagmus bleibt ebenso wie fr $\ddot{u}$ her der vertikale unver $\acute{a}$ ndert beim Lagewechsel des K $\ddot{o}$ rpers. Kaltes Wasser in das rechte intakte Ohr eingespritzt,  $\acute{u}$ bt keinen Einflu $\beta$  aus. Die Bogeng $\acute{a}$ nge der rechten Seite werden freigelegt, und jetzt schreibt Kubo: „Nach Einspritzen von kaltem Wasser  $\acute{a}$ ndert sich die Richtung, und es tritt eine ruckweise Bewegung nach der Nase hin auf der operierten (linken) Seite auf.“

Diese Beschreibung ist nicht deutlich; Kubo gibt an, da $\beta$  der Nystagmus seine Richtung  $\acute{a}$ ndert, die angeblich ge $\acute{a}$ nderte Richtung ist jedoch genau dieselbe, wie die, welche vor der Einspritzung mit kaltem Wasser angegeben wurde.

<sup>1)</sup> Kubo Ino,  $\acute{U}$ ber die vom Nervus acusticus ausgel $\ddot{o}$ sten Augenbewegungen (besonders bei thermalen Reizungen). Pfl $\ddot{u}$ gers Arch. f. d. ges. Physiol. **114**, 143. 1916.

Der vertikale Nystagmus zu Anfang des Versuches weist darauf hin, daß wir mit keiner reinen Durchschneidung des Acusticus zu tun haben.

Versuch 6. Linker Acusticus durchtrennt. Anfangs vertikale (links ruckweise nach unten), später horizontale (links ruckweise nach der Nase hin) Nystagmusbewegungen. Rechts kaltes Wasser eingespritzt bewirkt Umkehr der ruckweisen Bewegungen. In der Bauchlage erfolgt diese nach der Nase hin (rechts). In der Rückenlage, Seitenlage II und „Kopf unten“ ist die Richtung die gleiche, die Bewegung ist aber geringer. Die kompensatorischen Bewegungen sind nicht mehr deutlich.

Aus der Beschreibung geht also hervor, daß in diesem Fall die Richtung des Kaltwassernystagmus keine Veränderung erfährt durch Änderung der Lage des Kopfes im Raume, und daß die kompensatorischen Augenstellungen nach einseitiger Acusticusdurchtrennung nicht mehr deutlich sind. Diese beiden Befunde sind gewiß anormal.

Weiter heißt es: „Neuerliche Applikation von kaltem Wasser löst die frühere ruckweise Bewegung nach dem Ohr hin auf der rechten Seite wieder aus; diese Bewegung dauert unbeeinflußt von der Körperlage an.“

Das Auftreten von Kaltwassernystagmus nach der ausgespritzten Seite hin ist das Gegenteil dessen, was bei normalen Versuchen zur Beobachtung kommt, und was auch Kubo bei der ersten Ausspritzung selbst wahrgenommen hat. Auch die Tatsache, daß die Stellung des Kopfes im Raume die Richtung des Nystagmus nicht beeinflußt, weist auf Komplikationen hin.

In der früher in diesem Archiv von mir veröffentlichten Arbeit wurde mitgeteilt, daß der spontane Nystagmus nach einseitiger Labyrinthextirpation bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume wohl seine Art und Frequenz, aber niemals seine Richtung verändert. Dagegen konnten bei den Untersuchungen von Kaltwassernystagmus bei normalen und einseitig labyrinthektomierten Tieren große Unterschiede in der Richtung des Nystagmus bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume festgestellt werden. Später ausgeführte Versuche mit Kaninchen ergaben im Prinzip dieselben Resultate. Geringe Richtungsänderungen des spontanen Nystagmus traten allerdings bei diesen Tieren nach einseitiger Labyrinthextirpation bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume auf, und zwar infolge der später zu besprechenden kompensatorischen Augenstellungen, die bewirken, daß die Lage der Insertionsstellen der Augenmuskeln an den Bulbis nicht konstant bleibt. In der genannten Mitteilung wurden noch mehrere andere Beweise gegen die Auffassung von Bartels über das Entstehen des kalorischen Nystagmus angeführt, wodurch es hinlänglich gelungen sein dürfte, diese Theorie zu widerlegen.

In der vorliegenden Arbeit sollen nun experimentelle Untersuchungen mitgeteilt werden, deren Zweck war, die Theorie von Bárány, der den kalorischen Nystagmus auf Endolymphströmungen zurückführt, auf ihre Richtigkeit zu prüfen. Vereinzelt Angaben, die dafür sprechen, findet man in der Literatur genug; eine ausführliche experimentelle Untersuchung ist jedoch unseres Wissens noch nicht gemacht worden.

Die erste Frage, die sich hierbei aufdrängt, ist wohl die, ob bei Ausspritzung des Gehörganges mit kaltem, resp. warmem Wasser die Labyrinthwände durch das Trommelfell hindurch derartig abgekühlt, resp. erwärmt werden, daß Endolymphströmungen zustandekommen können. Eine daraufbezügliche, von dem einen von uns mit Prof. Magnus<sup>1)</sup> ausgeführte Untersuchung ist in diesem Archiv veröffentlicht worden und hat zu nachstehender Schlußfolgerung geführt:

„Bei Katzen, bei denen die Sympathicusbahnen zum Auge durch das Mittelohr verlaufen, tritt bei Ausspritzen des äußeren Gehörganges mit kaltem Wasser eine Sympathicuslähmung am Auge auf, die sich vor allem im Vortreten der Nickhaut äußert. Sie beruht auf einer Kälteparese der genannten Bahnen. Dadurch ist der Beweis geliefert, daß beim Auslösen des kalorischen Nystagmus mit kaltem Wasser die Wand des Mittelohres über dem Labyrinth sich nachweisbar abkühlt.“

Nachfolgend mögen die neuen Beobachtungen über Kaltwassernystagmus bei Kaninchen beschrieben werden.

Daß bei diesen Versuchen Kaninchen gebraucht wurden, während bei den früheren Versuchen hauptsächlich Katzen zur Verwendung gekommen waren, hat folgende Gründe: Erstens kommt rotatorischer Nystagmus, dessen Richtung öfters schwierig zu bestimmen ist, bei Kaninchen selten vor, während derselbe bei Katzen öfters auftritt. Der Hauptgrund war jedoch, daß die vorliegende Arbeit, wie sich im nachfolgenden zeigen wird, ausgeführt wurde mit Zuhilfenahme von einer mit van der Hoeve<sup>2)</sup> gemachten Untersuchung, in welcher die kompensatorischen Augenstellungen bei Kaninchen genau bestimmt worden sind, während dies bei Katzen nicht ausgeführt werden kann.

#### Technik der angewandten Methode.

Ein Kaninchen wurde auf ein Brett aufgespannt und sein Kopf mit der Czermakschen Kopfklemme genau fixiert. Um nun das Brett mit dem Tier in jede gewünschte Stellung im Raume bringen zu können, wurde die folgende Einrichtung angebracht (s. Abb. 1). Das Brett pqrs wurde derartig in einen Holzrahmen

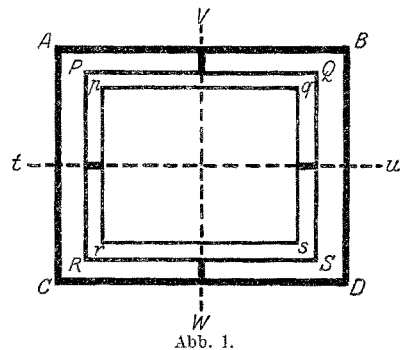


Abb. 1.

<sup>1)</sup> A. de Kleyn und R. Magnus. Sympathicuslähmung durch Abkühlung des Mittelohres beim Ausspritzen des Gehörganges der Katze mit kaltem Wasser **96**, 368. 1918. Siehe auch: M. Maier und H. Lion, Experimenteller Nachweis der Endolymphbewegung im Bogengangsapparat des Ohrlabyrinthes bei adäquater und kalorischer Reizung. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.* **107**, 47. 1921.

<sup>2)</sup> J. v. d. Hoeve und A. de Kleyn, Tonische Labyrinthreflexe auf die Augen. *Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol.*, **169**, 241. 1917.

PQRS gefaßt, daß es um die Achse U—T gedreht werden konnte, während der Rahmen PQRS derartig in einem zweiten Rahmen ABCD befestigt war, daß sowohl PQRS als p<sub>q</sub>r<sub>s</sub> um die Achse V—W gedreht werden konnten. Sowohl auf PQRS als auf ABCD befand sich eine Gradeinteilung, so daß die Größe der Drehung um beide Achsen sofort abgelesen werden konnte. Wenn nun das Tier in Bauchlage auf dem Brett fixiert ist, so erfolgt bei einer Drehung des Brettes um die Achse V—W eine Drehung des Tieres um seine bitemporale Achse und bei einer Drehung des Brettes um die Achse U—T eine Drehung des Tieres um seine occipitocaudale Achse. Dreht man schließlich das Brett p<sub>q</sub>r<sub>s</sub> erst 90° um die Achse U—T, so daß das Tier in Seitenlage versetzt wird, und dreht dann von dieser Stellung ausgehend das Brett um die Achse V—W, dann wird das Tier um seine dorsoventrale Achse gedreht. Durch die Kombination von Drehungen um die Achsen T—U und V—W kann man nun das Tier in jede erforderliche Stellung im Raume bringen und dabei in jeder beliebigen Stellung im Raume auch die Richtung des Kaltwassernystagmus bestimmen.

Bei den folgenden Versuchen bedeutet nun:

Drehung I: Tier in Bauchlage, Mundspalte horizontal, Drehung des Tieres um die bitemporale Achse; Richtung der Drehung: Kopf nach unten, Schwanz nach oben.

Drehung II: Tier in Bauchlage, Mundspalte horizontal, Drehung des Tieres um die occipitocaudale Achse; Richtung der Drehung; ausgespritztes Ohr nach unten.

Drehung III: Tier in Seitenlage, ausgespritztes Ohr nach unten, Mundspalte vertikal; Richtung der Drehung: Schraube nach unten.

Bei jeder Drehung von 360° wurde nun 37 mal die Richtung des Kaltwassernystagmus nach Ausspritzung des Gehörganges bestimmt, und zwar wurde die erste Bestimmung in der Ausgangsstellung gemacht (z. B. bei Drehung I in Bauchlage des Tieres), dann nach 10° Drehung (bei Drehung I Mundspalte 10° unter der Horizontallinie) die zweite, nach 20° Drehung die dritte Bestimmung gemacht usw., bis nach 360° Drehung und 37 Bestimmungen wieder die Ausgangsstellung erreicht war. Die 37. Bestimmung in der Ausgangsstellung diente als Kontrolle. Auf diese Weise bekommt man nach den oben beschriebenen Drehungen von einem Auge 111 Bestimmungen. Hierbei darf man nicht außer acht lassen, daß bei den Drehungen eventuell Reflexe durch Winkelbeschleunigung auftreten können, so daß man nach jeder Drehung von 10° erst eine Weile warten muß, bevor man die Richtung des Nystagmus bestimmt.

Die Ausspritzung des rechten Gehörganges erfolgte bei einer Fallhöhe von 1,5 m, die Temperatur des Wassers betrug ca. 12° C. Bei jeder Lage im Raume wurde, nachdem das Tier sich eine Zeitlang in dieser Lage befunden hatte, die Richtung des Nystagmus schätzungsweise bestimmt und dann die Richtung der schnellen Komponente in ein Schema eingetragen. (S. Abb. 2—4 unkorrigiert.)

Mit dieser Methode gelingt es natürlich nicht, vollkommen einwandfreie Angaben zu erhalten; wollte man dies, so müßte man seine Zuflucht zu kinematographischen Aufnahmen nehmen und die Richtung des Nystagmus auf den verschiedenen Aufnahmen bestimmen. Dies war jedoch mit Rücksicht auf die große Anzahl von Bestimmungen, die gemacht werden mußten, praktisch nicht durchführbar. Daß auch die Methode, nach welcher die Richtung des Nystagmus schätzungsweise bestimmt wird, brauchbare Resultate ergibt, möge aus nachstehendem hervorgehen.

In den Abb. 2—4 bedeutet nun:

- : Richtung der schnellen Komponente des Nystagmus nasalwärts,
- ←: Richtung der schnellen Komponente des Nystagmus temporalwärts,
- ↑: Richtung der schnellen Komponente des Nystagmus nach oben (in bezug auf die Orbita),
- ↓: Richtung der schnellen Komponente des Nystagmus nach unten.

In Abb. 2—4 (unkorrigiert) sind die Durchschnittsresultate von 5 Versuchen wiedergegeben.

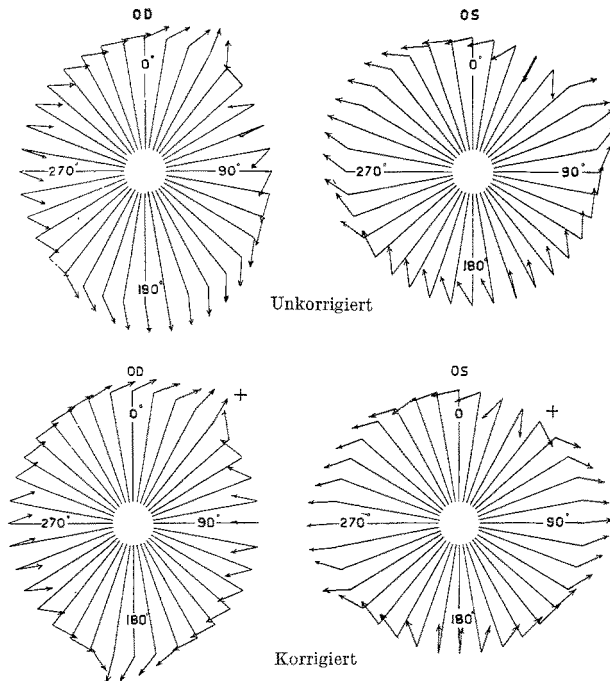


Abb. 2. Drehung I.

Nun ist jedoch die Frage, welchen Einfluß die oben genannten tonischen Labyrinthreflexe, welche bei verschiedenen Lagen des Kopfes im Raume auf die Augenmuskeln auftreten, auf den Nystagmus ausüben. Auf Seite 246 der oben erwähnten Untersuchung des einen von uns mit v. d. Hoeve sind die gefundenen Raddrehungen in einer Kurve wiedergegeben. Mit Zuhilfenahme von dieser Kurve wurden nun die erhaltenen Richtungen des Kaltwassernystagmus auf folgende Weise korrigiert.

Wir gehen davon aus, daß infolge Ausspritzung mit kaltem Wasser bei normaler Stellung des Kopfes am gleichseitigen Auge ein rein horizontaler Nystagmus mit der schnellen Komponente nach der Nase zu entsteht. Bringt man nun den Kopf aus der Normalstellung in eine andere Stellung im Raume, so daß z. B. eine Raddrehung der Augen

von  $45^\circ$  mit dem obersten Corneapol temporalwärts auftritt, dann erleiden infolge dieser Raddrehung auch die Insertionsstellen der Augenmuskeln, in diesem Falle also hauptsächlich der M. internus und M. externus eine Verschiebung, und dieselben Kontraktionen und Erschlaffungen dieser beiden Muskeln, die bei Normalstellung des Kopfes einen horizontalen Nystagmus verursachen, haben nun einen Nystagmus von ganz anderer Richtung, nämlich von ungefähr  $45^\circ$  nach vorne-oben zur Folge.

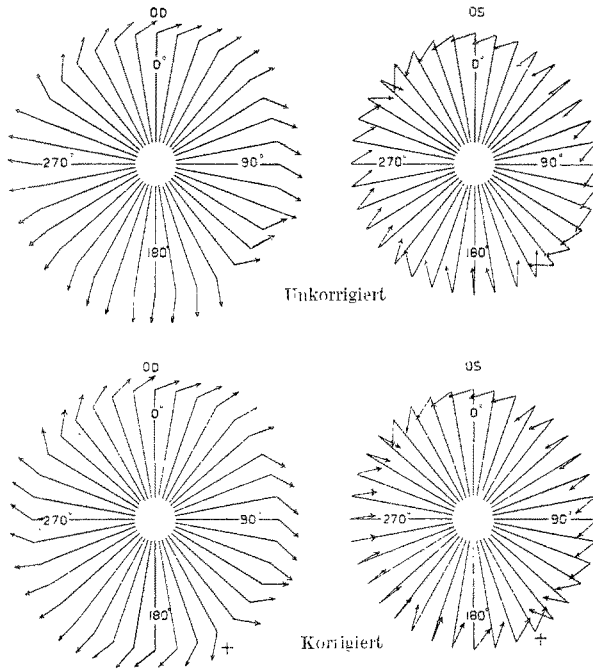


Abb. 3. Drehung II.

Findet man nun z. B. bei Normalstellung einen horizontalen Nystagmus und bei einer anderen Stellung des Kopfes im Raume, wobei eine Raddrehung von  $45^\circ$  mit dem obersten Corneapol temporalwärts auftritt, einen Nystagmus von  $75^\circ$  nach vorne-oben, dann ist die korrigierte Richtung  $75^\circ - 45^\circ = 30^\circ$ . Unter korrigierter Richtung ist also diejenige Richtung des Nystagmus zu verstehen, die man finden würde, wenn die Augen nur unter dem Einfluß der infolge der Ausspritzung entstandenen Labyrinthreizung stünden und keine kompensatorischen Augenstellungen vorhanden wären.

Abb. 2—4 (korrigiert) stellen das Resultat einer Umarbeitung in diesem Sinne von Abb. 2—4 (unkorrigiert) dar.



## Ergebnisse.

Bárány, Hofer u. a. haben, wie schon oben erwähnt, gefunden, daß bei Menschen bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume Nystagmus nach verschiedenen Richtungen auftritt. Dieses Resultat konnte auch für Tiere vollkommen bestätigt werden.

Wurde z. B. ein Kaninchen erst in Bauchlage und danach hängend, mit dem Kopf nach unten untersucht, so wurde in der Richtung des Nystagmus ein Unterschied von  $180^\circ$  gefunden.

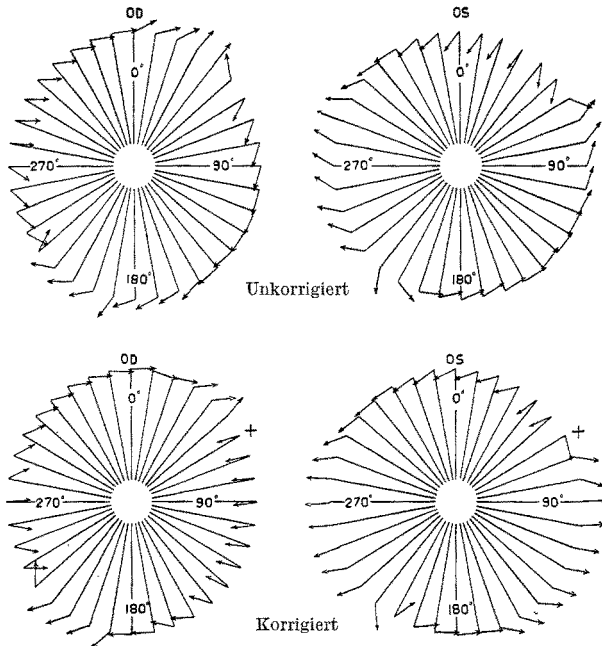


Abb. 4. Drehung III.

Ursprünglich waren wir der Meinung, daß, wenn z. B. die Nystagmusrichtung des linken Auges bei Ausspritzung des linken Gehörganges in Bauchlage nach vorne-oben und in Hängelage mit Kopf unten nach hinten-unten ist, es zwischen diesen beiden Körperlagen eine Lage geben müßte, in welcher überhaupt kein Nystagmus auftritt. Mit anderen Worten, wenn der Nystagmus in Bauchlage ampullo-fugalen Strömungen im horizontalen Bogengang und der Nystagmus in Hängelage mit Kopf unten ampullo-petalen Strömungen zugeschrieben werden muß, es eine Stellung gibt, in welcher kein Höhenunterschied zwischen Ampulla und demjenigen Teil des Bogenganges, welcher durch die Ausspritzung abgekühlt wird, besteht, und also kein Nystagmus ausgelöst wird. Diese Voraussetzung erwies sich als unrichtig. Es ist dabei ja

auch die Möglichkeit eines Einflusses von kaltem Wasser auf Lymphströmungen in den vertikalen Bogengängen nicht in Betracht gezogen worden. Diese darf allerdings nicht überschätzt werden. Selbst wenn die vertikalen Bogengänge auf das Zustandekommen des Nystagmus einen Einfluß ausüben, so muß die entscheidende Rolle dabei infolge ihrer anatomischen Lage doch den horizontalen Bogengängen zugeschrieben werden und kann nach der Theorie von Bárány vorausgesetzt werden, daß beim Übergang von ampullo-fugalem in ampullopetalem Strom in den horizontalen Bogengängen eine kurze Strecke sein muß, auf welcher bei geringer Veränderung der Stellung des Kopfes eine sehr starke Veränderung in der Richtung des Nystagmus eintritt. Die kritische Stellung, bei welcher weder ampullo-fugale noch ampullopetale Strömungen in den horizontalen Bogengängen auftreten und also nur die Strömungen in den vertikalen Bogengängen eine Rolle spielen können, soll weiter unten ausführlich besprochen werden.

Wenn man nun die korrigierten Abbildungen, die das Durchschnittsergebn der Versuche bei verschiedenen Drehungen veranschaulichen, betrachtet, so findet man folgendes:

a) Drehung I. Ausspülen rechtes Ohr (Abb. 2).

Beobachtung des rechten Auges. Bei Bauchlage des Tieres Nystagmus nach vorne-oben. Bei  $20^\circ$  Drehung (also Kopf  $20^\circ$  unter der Horizontalebene) ist die Richtung noch dieselbe, bei  $30^\circ$  beginnt eine kleine Veränderung einzutreten, bei  $50^\circ$  ist die Veränderung sehr stark. Bei  $80^\circ$  Drehung weicht die Richtung des Nystagmus schon  $135^\circ$  von der Ausgangsrichtung ab, und bei  $100^\circ$  Drehung hat der Nystagmus seine Richtungsänderung von  $180^\circ$  vollbracht. Ähnlich verhält sich der Nystagmus in der Stellung zwischen  $170^\circ$  und  $270^\circ$ .

Beobachtungen linkes Auge: Im Prinzip dieselben wie beim rechten Auge.

b) Drehung II. Ausspülung rechtes Ohr (Abb. 3).

Beobachtungen linkes Auge: Eine plötzliche Richtungsänderung des Nystagmus erfolgt hier zwischen  $140^\circ$  und  $150^\circ$ . Während

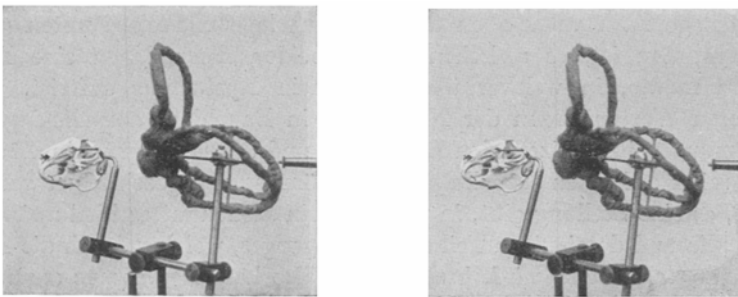


Abb. 5.

die Richtung bei  $140^\circ$  noch nach hinten-oben ist, ist dieselbe bei  $150^\circ$  schon nach vorne-oben. Ebenso findet man eine starke Veränderung zwischen  $310^\circ$  und  $320^\circ$ . Während der Nystagmus bei  $310^\circ$  nach vorne-unten gerichtet ist, ist er bei  $320^\circ$  schon nach unten umgeschlagen.

Beobachtungen rechtes Auge: Die Lage, in welcher der Nystagmus umschlägt, ist hier weniger deutlich definierbar. Auch hier findet zwischen  $140^\circ$  und  $150^\circ$  und vermutlich zwischen  $300^\circ$  und  $330^\circ$  eine plötzliche Veränderung statt. Daß diese Kurve von allen anderen abweicht, findet seine Erklärung wahrscheinlich darin, daß bei den Versuchen, von welchen diese Kurve das Durchschnittsresultat wiedergibt, in 2 von den 5 Fällen der ganze Verlauf ein sehr unregelmäßiger war, was natürlich auf die Durchschnittskurve einen großen Einfluß ausüben mußte. Bei den linken Augen dieser Versuchstiere, deren Aufnahmen an einem anderen Tage gemacht wurden, sind diese Unregelmäßigkeiten nicht aufgetreten.

c) Drehung III. Ausspülung rechtes Ohr (Abb. 4).

Beobachtungen linkes Auge: Ein sehr scharfes Umschlagen des Nystagmus wird gefunden zwischen  $50^\circ$  und  $70^\circ$  und ein zweites zwischen  $210^\circ$  und  $230^\circ$ .

Beobachtungen rechtes Auge: Ein sehr scharfes Umschlagen des Nystagmus zwischen  $40^\circ$  und  $60^\circ$  und ein zweites zwischen  $220^\circ$  und  $240^\circ$ .

Nach Feststellung dieser Tatsachen wurde nun an einem schon früher angefertigten Wachsmo $\ddot{u}$ llmodell<sup>1)</sup> der Bogengänge eines Kaninchens, welches nach den Angaben von de Burlet und Koster<sup>2)</sup> in den in bezug auf den Kaninschädel richtigen Stand eingestellt war, die kritische Stellung für die verschiedenen Drehungen bestimmt, d. h. die Stellung, bei welcher die horizontalen Bogengänge soviel wie möglich horizontal

<sup>1)</sup> H. M. de Burlet und A. de Kleyn, Über den Stand der Otolithenmembranen beim Kaninchen. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol., **163**, 321. 1916.

<sup>2)</sup> H. M. de Burlet und J. J. J. Koster, Zur Bestimmung des Standes der Bogengänge und der Maculae acusticae im Kaninchenschädel. Arch. f. Anat. u. Physiol. Anat. Abt. **59**. 1916.

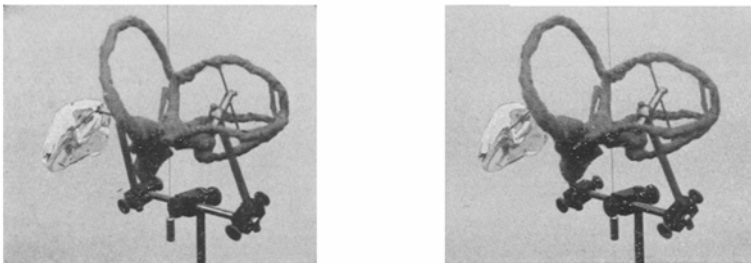


Abb. 6.

stehen und also bei Ausspülung des Gehörganges keine oder nur sehr geringe Strömungen darin vorhanden sein können.

Hierbei wurde nun festgestellt:

Bei Bauchlage des Tieres mit horizontaler Mundspalte (Abb. 5) steht die Ampulle des horizontalen Bogenganges höher als der Bogengang selbst, so daß bei Ausspülung des Gehörganges mit kaltem Wasser ein ampullo-fugaler Endolymphstrom auftritt.

Bei Drehung I steht der horizontale Bogengang bei  $40^\circ$  ungefähr horizontal (Abb. 6).

Bei Drehung II steht der horizontale Bogengang bei  $150^\circ$  ungefähr horizontal (Abb. 7).

Bei Drehung III steht der horizontale Bogengang bei  $57^\circ$  ungefähr horizontal (Abb. 8).

In den Abb. 2—4 korrigiert sind diese Stellungen für die verschiedenen Drehungen mit einem Kreuz bezeichnet, und man sieht auf den ersten Blick, daß gerade in denjenigen Stellungen, in denen der Bogengang ungefähr horizontal steht, eine sehr starke Veränderung des Nystagmus eintritt.

Zieht man nun einerseits die großen individuellen Unterschiede, die die Lage der Bogengänge bei verschiedenen Exemplaren von ein und derselben Tiergattung aufweist, und andererseits die Tatsache in Betracht, daß die Resultate unserer Untersuchungen auf Beobachtungen an fünf verschiedenen Tieren beruhen, während die Befunde des Wachsmodells von einem Tier abstammen, so muß zugegeben werden, daß zwischen den wirklich zur Beobachtung gekommenen und den nach dem eingestellten Wachsmodell zu erwartenden Umschlagsstellungen des kalor. Nystagmus eine auffallende Übereinstimmung herrscht.

Nun können aber die horizontalen Bogengänge bei keiner der Drehungen I—III in eine wirklich vollkommen horizontale Lage gebracht werden. Nach den Untersuchungen von de Burlet und Koster kann man am ehesten erwarten, daß die Lage der horizontalen Bogengänge eine vollkommen horizontale wird, wenn man das Ver-

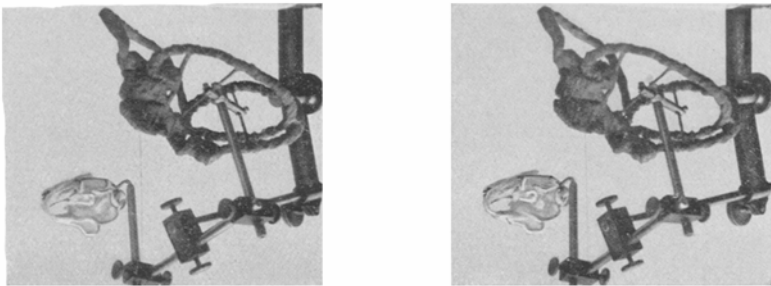


Abb. 7.

suchstier aus der Bauchlage ungefähr  $30^\circ$  um die bitemporale Achse mit dem Kopf nach unten und gleichzeitig  $7^\circ$ – $8^\circ$  um die fronto-occipitale Achse mit dem linken Auge nach unten dreht.

Mehrere Kaninchen wurden nun in dieser Stellung untersucht, wobei sich zeigte, daß der Nystagmus in den allermeisten Fällen nicht ganz aufgehört hatte und auch durch verschiedene an den Drehungen angebrachte Variationen nicht ganz zum Verschwinden zu bringen war. Allerdings sind jedoch in diesen Stellungen die Ausschläge des Nystagmus immer klein. Nur in zwei Fällen ist es gelungen, den kalorischen Nystagmus vollständig zum Stillstand zu bringen, nämlich einmal bei einer kombinierten Drehung um die bitemporale Achse mit  $37^\circ$  und um die fronto-occipitale Achse mit  $5^\circ$  und ein anderes Mal bei einer eben solchen Drehung von  $30^\circ$  um die bitemporale und  $5^\circ$  um die fronto-occipitale Achse der Versuchskaninchen.

Hieraus muß also geschlossen werden, daß die horizontalen Bogengänge bei der kalorischen Reizung die Hauptrolle spielen, daß jedoch in den meisten Fällen auch die vertikalen Bogengänge einen, wenn auch geringen Einfluß ausüben. In unseren Versuchen war dieser Einfluß nicht solcher Art, daß er aus den Kurven genau hätte analysiert werden können.

Will man diese Frage definitiv lösen, so müßten bei ein und demselben Kaninchen zuerst der Nystagmus bei verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume, dann die kompensatorischen Augenstellungen in den verschiedenen Stellungen bestimmt werden und schließlich durch eine mikroskopische Untersuchung des Labyrinths nach der Methode von de Burlet und Koster die anatomische Lage der Bogengänge genau ermittelt werden.

#### Zusammenfassung.

1. Die Theorie von Bárány über die Entstehung des Kaltwassernystagmus wird durch die oben beschriebenen experimentellen Befunde bei Kaninchen bestätigt. Die Theorie von Bartels steht in entschiedenem Gegensatz zu diesen Befunden.



Abb. 8.

2. Bei dem Entstehen des Kaltwassernystagmus spielt die Abkühlung der horizontalen Bogengänge die entscheidende Rolle, in den meisten Fällen muß jedoch auch den vertikalen Bogengängen eine, wenn auch geringe Rolle zuerkannt werden.

3. In früheren Untersuchungen an Katzen haben Magnus und de Kleyn gezeigt, daß bei Ausspritzung des Gehörganges mit kaltem Wasser eine deutliche Abkühlung der Labyrinthwand stattfindet.

4. Bei der Untersuchung des Kaltwassernystagmus in verschiedenen Stellungen des Kopfes im Raume müssen auch die kompensatorischen Augenstellungen berücksichtigt werden.