

Medicine. — *Der Einfluss von Luftdruckvariationen auf das Gehör bei Luft- und Knochenleitung.* Von H. A. E. VAN DISHOECK. (Aus der Laryngo-Rhino-Otologischen Klinik der Universität in Amsterdam. Leiter: Prof. Dr. A. DE KLEYN.) (Communicated by Prof. A. DE KLEYN.)

(Communicated at the meeting of December 30, 1939.)

Das Messen des Hörverlustes bei Luftdruckvariationen im äusseren Gehörgang ist bisher nur unvollständig und allein als ein Unterteil anderer Versuche von drei anderen Untersuchern und von uns vorgenommen worden.

POHLMAN und KRANZ¹⁾ (1925) untersuchten im allerersten Stadium der Audiometrie einige Ohren bei Druckvariationen von —30 bis +30 cm Wasserdruck mit Tönen von 128—2048 Schwingungen. G. v. BÉKÉSY²⁾ (1932) mass bei geringer Druckerhöhung und Druckerniedrigung im äusseren Gehörgang die Impedanzzunahme des Trommelfelles und konstatierte, dass diese der Abnahme der Schallstärke entspricht. Er kommt also auf einem anderen Wege als wir³⁾ zu der Ueberzeugung, dass diese Schallabnahme nicht durch Druckerhöhung im Labyrinth zustandekommt. ERNST BÁRÁNY⁴⁾ führte durch Ausführen der TOYNBEEschen Probe bei sich selbst eine Luftverdünnung von unbestimmter Grösse im Mittelohr herbei und mass, während er in kleinen Mengen die Luft wieder zutreten liess, den Hörverlust für eine Tonhöhe von 512 Schwingungen. Auch von LÜSCHER⁵⁾ wurden analoge Messungen, nicht bei Luftdruckvariation, wohl aber bei Belastung des Umbo mit kleinen Gewichten von einigen Gramm ausgeführt. Die Messungen LÜSCHERS, bei welchen eine Belastung der Pars flaxida mit Quecksilber und Wasser erfolgte, sind anderer Art, weil hierbei der teilweise Verschluss des Gehörganges und die Adhäsion und die Inertie des Tropfens diese Versuche komplizieren.

Bei Messungen über den Einfluss von Luftdruck auf das Trommelfell ergeben sich Schwierigkeiten, welche nachstehend genannte Massnahmen erforderlich machen. Zunächst darf die luftdichte Verbindung des Druckes und der Schallquelle mit dem äusseren Gehörgang *keine Stenose* verursachen, da bei allmählichem Verschluss des Gehörganges, namentlich

¹⁾ A. G. POHLMAN und F. W. KRANZ: *Annals of Oto-Rhino-Laryng.*, Vol. XXXIV, Dec. 1926; Vol. XXXV, März 1926, Vol. XXXV, Sept. 1926.

²⁾ G. v. BÉKÉSY: *Annalen der Physik*, Bd. 13, Heft 1, 1932.

³⁾ H. A. E. v. DISHOECK: *Ned. Tijdschr. v. Geneesk.*, No. 1, Jan. 1938; No. 28, Juli 1939; *Arch. f. Ohr- usw. Heilk.*, Bd. 144, Heft 1/2, 1937; Bd. 146, Heft 1, 1939; Bd. 146, Heft 2, 1939.

⁴⁾ E. BÁRÁNY: *Acta Oto-Laryng.*, Suppl. XXVI, 1938.

⁵⁾ E. LÜSCHER: *Acta Oto-Laryng.*, Bd. XXVII, Fasc. 3, 1939.

bei Knochenleitung, ganz andere Verhältnisse entstehen. Daher wurde ein Metallröhrchen mit demselben Lumen wie der äussere Gehörgang gewählt. Dieses Röhrchen wurde mit einem Kautschukkragen versehen, wodurch luftdichte Fixierung vorn im Gehörgang möglich war. Beim Hineinbringen dieses Ansatzstückes wurde die Ohrmuschel nach oben hinten gezogen. Auf diese Weise erhält man schon bei loser Fixierung eine völlig luftdichte Verbindung ohne Stenose. *Zu festes* Andrücken der Röhre im Ohr ist zu vermeiden, da durch Aufschieben der Haut die Bewegungen des Trommelfelles behindert werden.

Um den Einfluss des *Unterkiefers* auf die Schallübermittlung konstant zu gestalten, wurde während der Versuche ein Kautschukplättchen zwischen den Zähnen gehalten. Die Versuche wurden in der Camera silenta angestellt, und das nicht untersuchte Ohr wurde zum Ueberfluss mittels Oropax verschlossen.

Die *Knochenleitungsversuche* sind mit einer einfachen Apparatur anzustellen. Ueber dem Ohr wird nach dem Vorgange E. BÁRÁNYs ein Knochenleitungsapparat angebracht. BÁRÁNY hat nämlich nachgewiesen, dass die Leitung von verschiedenen Stellen des Mastoids stark variieren kann. Für einen bestimmten Ton wurde nun die Gehörschwelle festgestellt. Hiernach wurde nun mittels eines Politzer Ballons (bei gewünschtem positiven Druck) oder für den grossen negativen Druck durch Ansaugen mit einer Ohrspritze, ein bestimmter Luftdruck in dem Röhrensystem von Manometer, Ansatzstück und äusserem Gehörgang erzeugt. Hierauf wurde wieder die Gehörschwelle bestimmt.

Bei den *Luftleitungsversuchen* muss sowohl der Druck als der Schall durch dieselbe Röhre zugeführt werden, sodass auch die Schallquelle unter Druck zu stehen kommt. Hierbei ist dafür zu sorgen, dass die Schallquelle nicht durch die Druckveränderungen beeinflusst wird. Dies erreicht man dadurch, dass man, bei einem Telephon, die Membran durchbohrt, sodass an beiden Seiten derselbe Druck herrscht. Dieses Telephon befindet sich in einem luftdicht verschlossenen Trichter, an den man einen dickwandigen Kautschukschlauch befestigt, der den Schall nach dem zu untersuchenden Ohr führt. *Ein* Seitenröhrchen dient dazu, in diesem Röhrchen und dem Trichter einen negativen oder positiven Druck zu erzeugen; ein zweites Seitenröhrchen führt nach dem Manometer. An das Telephon wurde ein Western Electric Audiometer angeschlossen, mit welchem Töne von 128—10.000 Schwingungen erzielt werden können. Der Luftdruck wurde zwischen +200 und —200 ccm Wasser variiert.

Durch Behorchen des Telephontrichters mittels eines Stethoskops wurde kontrolliert, ob diese Druckvariationen bis 1/5 Atmosphäre von namhaftem Einfluss auf die Schallabgabe des Telephons waren. Es zeigte sich in der Tat, dass dies ein wenig der Fall war bei einem grösseren negativen Druck als 100 cm. Im Einklange hiermit ergab sich, dass Patienten mit einem perforierten Trommelfell ebenfalls nur geringe Schallveränderungen wahrnahmen. Die Strahlungseigenschaften des Telephones ändern sich nämlich, wenn sich die Dichtigkeit des Milieus ändert. Diese Veränderungen sind indessen klein, im Vergleich zu den grossen

Veränderungen, die durch die Druckvariationen in der Funktion des Uebertragungsapparates eintreten. Es empfiehlt sich aber, bei einem Druck über 100 cm einer gewissen Fehlerbreite Rechnung zu tragen.

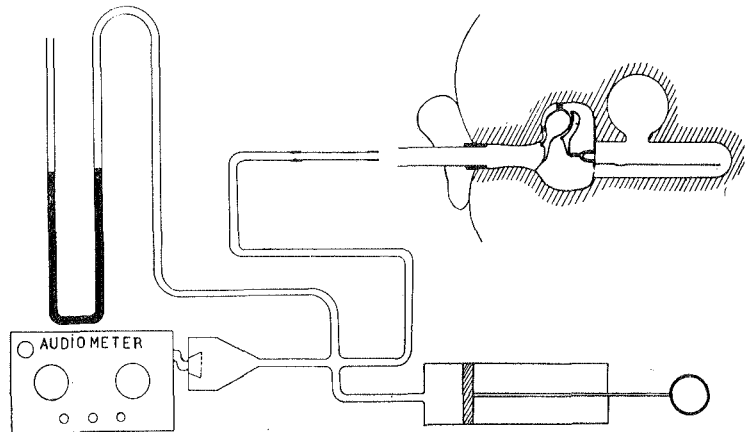


Abb. 1. Apparatur für Gehörmessung von Luftleitungstönen bei Luftdruckvariationen (Pneumophon).

Es ist notwendig, erst den Spannungszustand des zu untersuchenden Trommelfelles zu bestimmen. Da es Zweck dieser Versuche ist, die Impedanzzunahme bei Spannungsvariationen zu messen, ist es ein erstes Erfordernis, dass nicht schon durch Luftresorbierung eine anormale Spannung im Trommelfell vorhanden ist. Gerade durch den Umstand, dass POHLMAN und KRANZ eine solche Messung nicht kannten, fanden sie mitunter Gehörverbesserung bei negativem Druck, in anderen Fällen jedoch bei demselben Druck Gehörverminderung.

Die Kenntnis des Spannungszustandes des Trommelfelles bei verschiedenen Mittelohrerkrankungen hat das Pneumophon verschafft. Dieser Apparat ist nach demselben Prinzip gebaut wie die Apparatur für Luftleitung in Schema I. Es hat sich gezeigt, dass ein normales Ohr den Ton am deutlichsten bei einem Druck hört, der zwischen -2 und $+2$ cm Wasser liegt. Bei höherem wie auch bei niedrigerem Druck wird der Ton erheblich schwächer. Beim eingezogenen Trommelfell wird der Ton am deutlichsten gehört, wenn durch einen negativen Druck, z.B. von -40 cm Wasser, im äusseren Gehörgang das Druckgleichgewicht an beiden Seiten des Trommelfelles wiederhergestellt ist. Ein niedrigerer Druck als -50 cm Wasser wurde bisher nie angetroffen. Aus diesem Grunde wurde bei einem Ton von 512 Schwingungen erst festgestellt, dass sowohl Druckerhöhung als Druckerniedrigung von 3 cm Wasser eine Gehörverminderung bewirkte.

A. Luftleitung.

1. Positiver Druck.

In den nachstehenden Kurven ist der Gehörverlust in Decibels bei positivem Druck für verschiedene Tonhöhen wiedergegeben.

Aus diesen Kurven erhellt, dass der Gehörverlust bei positivem Druck sich besonders in den niedrigen und mittleren Tönen geltend macht. Die

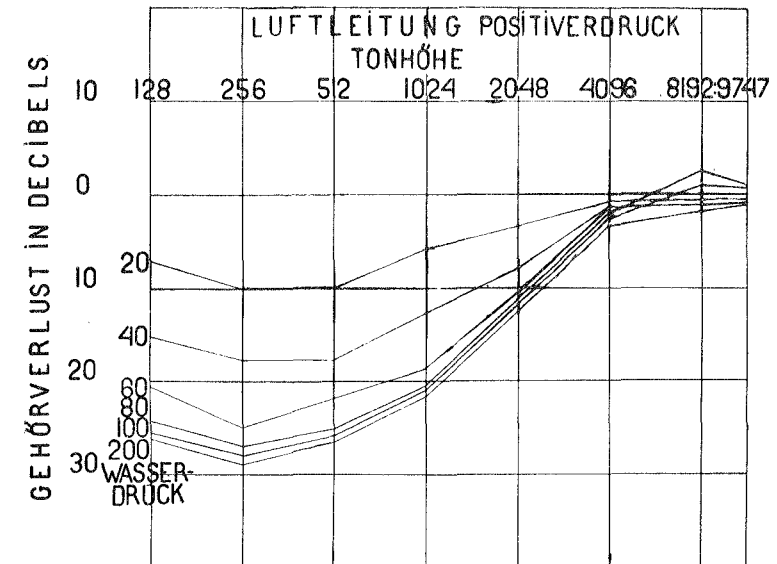


Abb. 2. Gehörverlust von Luftleitungstönen bei positivem Druck im äusseren Gehörgang.

hohen Töne werden nahezu gar nicht beeinflusst. Der Gehörverlust je 10 cm Druckzunahme ist bei den kleinen Drucken beträchtlich grösser als bei höherem Druck. Ueber einem Druck von 80 cm bis zu einem solchen bis 2 m und mehr bleibt die Tonstärke annähernd konstant. Auch von POHLMAN und KRAUS und von LÜSCHER sind Kurven publiziert worden, die der Kurve für einen Wasserdruck von 20 cm entsprechen.

Dieser Gehörverlust muss Veränderungen im Mittelohr und nicht intralabyrinthärer Druckerhöhung zugeschrieben werden. Durch den Druck auf das Trommelfell wird die Impedanz des Uebertragungsapparates vergrössert, und bei zunehmendem Druck wird das Sperrgelenk von Hammer und Amboss fixiert, werden die Gehörknöchelchen zusammengedrückt und auf den Steigbügeln im ovalen Fenster festgeklemmt. In diesem Stadium ist eine weitere Zunahme des Druckes von keinem Einfluss.

Für die Uebertragung der hohen Töne ist offenbar das intakte Mittelohr nicht notwendig; auch durch die fixierte und komprimierte Gehörknöchelchenkette werden diese Töne gut vermittelt. Dies erklärt die klinische Erfahrung, dass bei einigen Mittelohrstörungen das Gehör für die hohen Töne erhalten bleibt.

Die Ziffern aus diesen Kurven können uns klinisch bei der Beurteilung einer Taubheit von Nutzen sein. Man darf wohl annehmen, dass der Gehörverlust durch positiven Druck auf ein normales Trommelfell dem Gehörverlust durch Einziehung durch einen ebensogrossen negativen Druck im Mittelohr entspricht. Wenn wir also bei einem Patienten mit

dem Pneumophon eine negative Spannung von 50 cm messen, ist der Gehörverlust, den wir der Impedanzzunahme zuschreiben dürfen, 20 Decibel. Wenn man nun bei einem Patienten einen grösseren Gehörverlust findet oder einen Gehörverlust in den hohen Tönen, dann muss dieser anderen Momenten wie Schleimhautschwellungen, Exsudat, Verdickung der Fenstermembranen und dergl. zugeschrieben werden.

2. Negativer Druck.

In den nachstehenden Kurven ist der Gehörverlust in Decibels bei negativem Druck und verschiedenen Tonhöhen wiedergegeben.

Der Gehörverlust bei geringem negativem Druck ist erheblich geringer

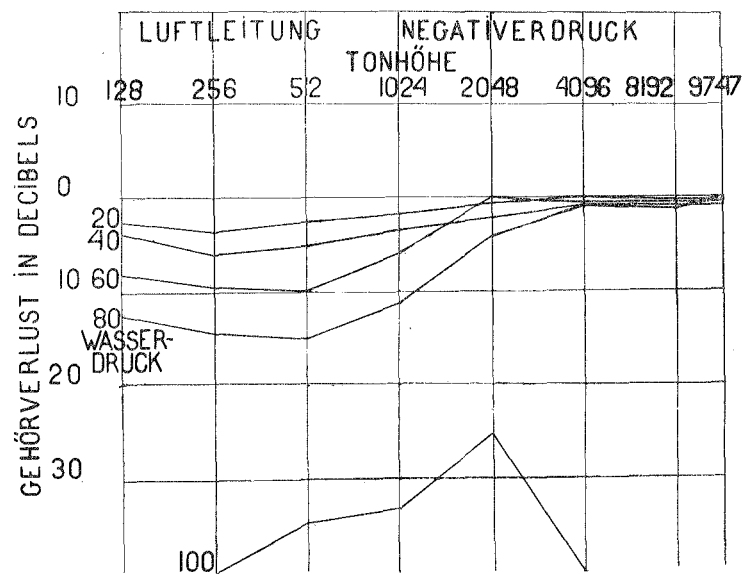


Abb. 3. Gehörverlust von Luftleitungstönen bei negativem Druck im äusseren Gehörgang.

als bei positivem Druck, nämlich für die mittleren Töne bei 40 cm ungefähr 10 Decibel. Auch nun sind die niedrigen Töne etwas weniger und die hohen Töne nahezu gar nicht beeinflusst.

Stärkerer negativer Druck hat einen anderen Effekt wie der positive Druck. Während bei Zunahme des positiven Druckes die Zunahme des Gehörverlustes allmählich kleiner wurde und über 80 cm praktisch konstant bleibt, findet man beim zunehmenden negativen Druck gerade das Umgekehrte. Von -50 bis -100 cm Wasserdruck nimmt der Gehörverlust stark zu, nämlich um 25 Decibel für die mittleren Töne. Die höchsten Töne werden bei -80 cm Wasserdruck sehr stark vermindert, während dies für die mittleren Töne erst bei 140 cm der Fall ist.

Wenn das Ansaugen des Trommelfells gleichmässig geschieht, ist dieser Prozess völlig schmerzlos und ungefährlich. Ein Pilot, der bis auf 1400 m steigt (mit Tubaverstopfung) hat dieselbe Trommelfellspannung.

Die Erklärung des Gehörverlustes bei geringem negativem Druck muss ebenfalls wie bei positivem Druck in einer Vergrösserung der Impedanz des Trommelfells gesucht werden. Der Unterschied aber besteht darin, dass bei positivem Druck die Gehörknöchelchenkette bald ganz immobilisiert wird, mit einem bedeutenden Gehörverlust, während bei geringem Ansaugen die Funktion der Gehörknöchelchen nur wenig gestört wird. Wenn jedoch bei zunehmendem negativem Druck die Gehörknöchelchenkette und das Hammer-Ambossgelenk derart gedehnt werden, dass der Kontakt unzureichend wird, dann nimmt der Gehörverlust stark zu.

Der Umstand, dass die Uebertragung der hohen Töne bei einer Dehnung der Gehörknöchelchenkette gestört wird, beweist, dass diese Töne fraglos des unversehrten Uebertragungsapparates bedürfen. Diese Töne pflanzen sich bei Luftleitung offenbar längs den Gehörknöchelchen und nicht, wie wohl angenommen wird, durch die knöcherne Wand des Mittelohres und der Labyrinthkapsel fort.

Bei den hohen Tönen über 2000—3000 Schwingungen vibriert der Schädel und das Trommelfell nicht mehr als Ganzes, sondern treten Unterverteilungen ein. Diese molekularen Schwingungen werden offenbar von der komprimierten Gehörknöchelchenkette sehr gut übertragen, doch schon bei geringer Verminderung des Kontaktes durch Dehnung wird die Uebertragung stark gestört.

In der Praxis kommt ein Ueberdruck im Mittelohr, dessen Gehörverlust also dem negativen Druck von Tabelle 2 entspricht, allein bei Piloten, die schnell steigen, bei Dekompression von Caissonarbeitern und nach Politzeren oder Katheterisieren vor.

B. Knochenleitung.

Durch die obengenannten, von POHLMAN und KRANZ, sowie von Anderen angestellten Untersuchungen ist nachgewiesen, dass das Mittelohr bei Knochenleitung eine Rolle spielt. Da wir, durch das Verändern des Druckes auf das Trommelfell, imstande sind, die Mittelohrkomponente gesondert zu beeinflussen, können wir uns über die Bedeutung dieses Faktors näher orientieren. Es zeigt sich, dass das Schallquantum, das längs des Mittelohres das Labyrinth erreicht, ziemlich gross ist. Der Gehörverlust durch die Druckvariationen ist bei Knochenleitung ungefähr ein Drittel bis die Hälfte des Gehörverlustes bei Luftleitung.

Wahrscheinlich erreicht also die Schallergie das Labyrinth in einer derartigen Verteilung des Gesamtquantums, dass zwei Drittel auf die Knochenleitung und ein Drittel auf Resonanz und Verstärkung im Mittelohr entfallen. Dieser letzte Teil erfährt den Einfluss der Druckveränderungen im äusseren Gehörgang in derselben Weise wie bei der Luftleitung. Auch bei Knochenleitung zeigt sich, dass die niedrigen Töne und die mittleren Töne am stärksten beeinflusst werden. Positiver Druck hat auch hier einen grösseren Effekt als negativer Druck.

Bei Knochenleitung und zuweilen auch bei Luftleitung kann man für

die hohen Töne einen deutlichen *Gehörgewinn* konstatieren. Diese merkwürdige Erscheinung kann vielleicht der Fixierung der Steigbügel im

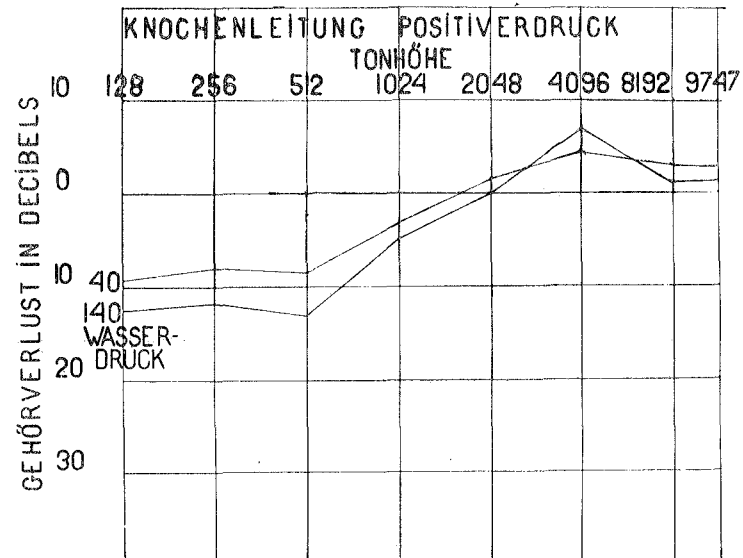


Abb. 4. *Gehörverlust von Knochenleitungstönen bei positivem Druck im äusseren Gehörgang.*

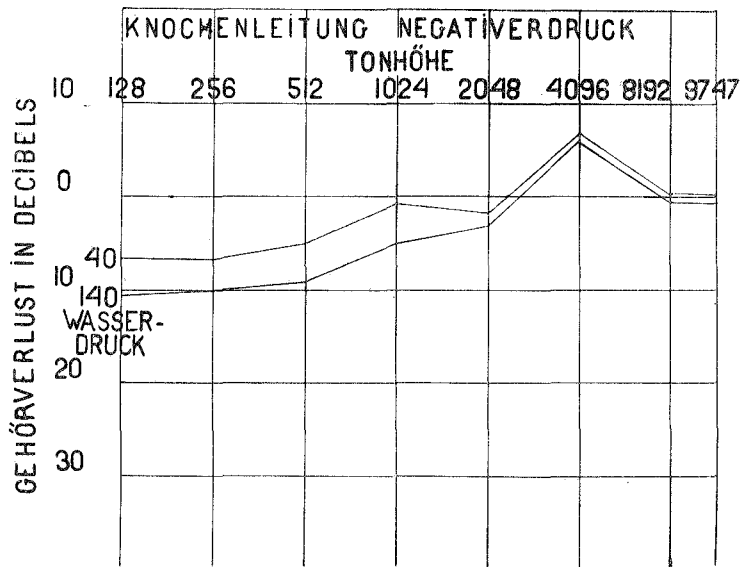


Abb. 5. *Gehörverlust von Knochenleitungstönen bei negativem Druck im äusseren Gehörgang.*

ovalen Fenster zugeschrieben werden. Die Kompression der Labyrinthflüssigkeit durch das Fibrieren der Wand, wird beim Vorhandensein einer schmiegsamen Ausweichmembran eine stärkere Strömung verursachen als beim Vorhandensein zweier Ausweichmembranen.

Die Möglichkeit, durch Ansaugen des Trommelfelles die Funktion des Uebertragungsapparates grossenteils zu unterbrechen, kann vielleicht klinisch für das Messen der *absoluten Knochenleitung*, nach einer Otitis, bei Otosklerose oder nach einer Labyrinthitis von Bedeutung sein. Die Kurve für -140 cm Wasserdruck aus Abb. 5 kann in diesem Falle als die absolute Knochenleitungskurve für das normale Ohr betrachtet werden, und erst ein grösserer Gehörverlust darf dann einer Labyrinthläsion zugeschrieben werden. Dieses Verfahren verdient m.E. den Vorzug vor der von CLEMINSON und HALLPIKE⁶⁾ angewandten Methode für absolute Knochenleitungsbestimmung. Diese Untersucher vergleichen nämlich die Knochenleitung des *verschlossenen Ohres* des Patienten und des Arztes. Da bei dem verschlossenen Ohr auch noch die Resonanz, die Rolle, die das Mittelohr spielt, verstärkt, ist diese Methode unzuverlässig. Bei beiden Methoden wird die Maskierung durch Geräusch in gleichem Masse umgangen.

Die Erscheinung, dass bei grösserem negativem Druck die Uebertragung, vor allem der hohen Töne, durch Dehnung des Hammer-Amboss-Gelenkes gestört ist, eröffnet vielleicht die Möglichkeit, unsere Kenntnisse, auch über dieses Gelenk, zu erweitern. Der, zum Hervorrufen dieser Erscheinung, benötigte Druck könnte nämlich bei Patienten mit Mittelohrprozessen, bei Arthritis u. dergl. vielleicht als Mass für den Grad der Versteifung oder Erschlaffung dieses Gelenkes dienen. Eine Untersuchung in dieser Richtung wird noch angestellt werden.

Zusammenfassung.

Es wird der zu verschiedenen Trommelfellspannungen gehörende Gehörverlust angegeben. Diese Spannung kann mit dem Pneumophon gemessen werden. Findet man bei einem Patienten einen grösseren Gehörverlust als diesen Werten entspricht, dann muss eine Komplikation angenommen werden.

Eindrücken und Ansaugen des Trommelfelles ergibt bis zu einem positiven und negativen Druck von 80 cm Wasser allein für die niedrigen und mittleren Töne bis zu 2000 Schwingungen Gehörverlust. Die hohen Töne werden auch durch die (durch $+200$ cm Wasser) stark komprimierte Gehörknöchelchenkette ungestört übergeführt; doch bei einem grösseren negativen Druck als 80 cm Wasser wird die Uebertragung dieser Töne stark gestört. Dieser starke Gehörverlust tritt für die niedrigen Töne erst bei -140 cm Wasser auf. Vermutlich beruht diese Störung auf Luxierung des Hammer- und Ambossgelenkes.

Bei positivem Druck im äusseren Gehörgang ergibt zunehmender Druck immer geringe Zunahme von Gehörverlust. Ueber 80 cm Wasser nimmt der Gehörverlust nicht mehr zu. Bei kleinem negativem Druck ist der

⁶⁾ C. S. HALLPIKE: Journal of Laryng. and Otology, Vol. 45, Jan. 1930.

Gehörverlust geringer als bei positivem Druck. Bei Zunahme der Ansaugung wird aber auch die Zunahme des Hörverlustes eine immer stärkere.

Bei Knochenleitung ist der Hörverlust durch Eindrücken und Ansaugen ein Drittel des Hörverlustes bei Luftleitung. Die Hörverlustkurven bei Knochenleitung sind denjenigen bei Luftleitung analog. Bei den hohen Tönen ergibt sich ein Hörgewinn von 5—10 Decibel.

Durch Ansaugen des Trommelfelles kann somit die Funktion des Übertragungsapparates nahezu ausgeschaltet werden, sodass unter diesen Umständen die „absolute Knochenleitung“ bestimmt werden kann. Der negative Druck, der erforderlich ist, den Luftleitungston zu unterbrechen, könnte vielleicht ein Mittel sein, Verwachsungs- und Versteifungsprozesse des Hammer-Amboss-Gelenkes zu diagnostizieren.

Anthropology. — *Contribution to the anthropology of the Netherlands.*

By H. J. T. BIJLMER. Including the further elaboration of the *Blood group research in Holland*, commenced in 1926 by the late M. A. VAN HERWERDEN. (Communicated by Prof. M. W. WOERDEMAN in the name of the Anthropological Committee of the Academy.)

(Communicated at the meeting of December 30, 1939.)

Introduction.

As it is nine years since the late Dr. MARIANNE VAN HERWERDEN, well known among biologists, presented the first report on the blood group investigation in Holland, it is certainly not out of place to recall to mind that, in the year 1926, the famous anatomist LOUIS BOLK, on behalf of the Royal Academy of Sciences at Amsterdam, inaugurated the Anthropological Commission, the biochemical section of which was placed under the guidance of the first-mentioned scientist. Under her direction the blood groups of some 25000 persons from all parts of the country were studied; moreover, data on the pigmentation of eyes and hair were gathered. The blood samples were collected with the aid of local physicians and a biologist, Miss W. KEERS, and in collaboration with several students. All samples were sent to the laboratory of Dr. VAN HERWERDEN, who examined them with the assistance of Mrs. TH. J. BOELE-NIJLAND. The centralizing of this examination at one and the same spot, and carried out by the same persons by one and the same method, is greatly in favour of the reliability of the research.

Up to the present three parts of the investigations have appeared in the press. In 1930 Dr. VAN HERWERDEN and Mrs. BOELE-NIJLAND published the *Investigation of Blood Groups in Holland*, containing the results of the examination of 3085 students, mainly from the Universities of Utrecht and Delft, both obtaining their pupils from all over the country. In 1932 Dr. C. P. J. PENNING, together with both the ladies just mentioned, wrote his *Blood Group Investigation in the Over-Veluwe (Harderwijk and surrounding districts)*, embracing the results from 1074 people, and in 1933 Dr. FLORIS HERS, like the former a local physician, published the *Blood Group Investigation in the Hoeksche Waard*. Then, in the early part of 1934, the work was suddenly interrupted by the sad and unexpected death of Dr. MARIANNE VAN HERWERDEN, the soul of the research. Happily the collecting of the material had been finished, and the extensive card-system was after, as before, the death of Dr. VAN HERWERDEN, compiled with the