

XIV.

Ueber das Presbyakusische Gesetz an der unteren Grenze unseres Gehörs.

Nach Versuchen

von

Dr. N. J. Cuperus

mitgetheilt von

Dr. H. Zwaardemaker in Utrecht.

(Von der Redaction übernommen am 12. Juli 1893.)

Die Grenze, bis zu welcher unser Gehör hinabgeht, ist schon oft Gegenstand physikalischer und physiologischer Untersuchungen gewesen. Sauveur¹⁾ stellte sie im Jahre 1700 auf $12\frac{1}{2}$ Schwingungen fest. Chladni²⁾ glaubte 1802 sechzehn Schwingungen richtiger, welcher Meinung Biot 1824³⁾, und ebenso Savart⁴⁾ 1830 sich anschloss.

Die Auseinandersetzungen und die schöne Kritik, welche Helmholtz in seiner berühmten „Lehre von den Tonempfindungen“ über diese Frage giebt, dürften als allgemein bekannt angenommen werden; nachher jedoch bearbeiteten einige andere Autoren die Sache aufs Neue, so Oskar Wolf⁵⁾ in „Sprache und Ohr“, W. Preyer⁶⁾ in seinem Aufsatz über die Grenze der Tonwahrnehmungen, J. Kerr Love in seiner Glasgower Dissertation⁷⁾ und Appunn in den Berichten der Westerranischen Gesellschaft.⁸⁾ Preyer stellte die untere Grenze auf 15 Schwingungen, Kerr Love auf die gleiche Zahl und Appunn auf 8 Schwingungen fest.

1) Histoire de l'académie royale des sciences. 1700.

2) Die Akustik. Leipzig 1802.

3) Précis élém. de physique expérimentale. T. I. p. 342.

4) Annales de chimie et de physique. T. 48. p. 69 et T. 34. p. 337.

5) Sprache und Ohr. S. 243. Braunschweig 1871.

6) Samml. physiol. Abhandl. 1. Reihe. 1. Heft. 1876.

7) Journal of anat. and physiology, normal and pathological. Vol. 23. p. 336. Jan. 1889.

8) Berichte d. Westerranischen Gesellschaft f. d. ges. Naturk. 1887—88. S. 37.

Wie ich früher in diesem Archiv ¹⁾ mitgetheilt habe, ist die obere Grenze unseres Gehörs nicht für Jedermann gleich. Je nach dem Alter des betreffenden Individuums kann dieselbe höher oder niedriger gefunden werden. In der Jugend ungefähr bei e⁷, im Greisenalter bei a⁶.²⁾ Auch die Intensität, mit welcher die Töne hervorgebracht werden, beeinflussen die obere Grenze obgleich letzterer Einfluss nicht so schwerwiegend ist, als derjenige des Alters.

Unter diesen Umständen könnte man erwarten, dass solche Momente sich auch auf die untere Grenze geltend machten; um so mehr war dies wahrscheinlich, weil einige orientirende Bestimmungen, welche ich mit Hülfe der Appunn'schen Lamelle anstellte, ganz in diesem Sinne ausgefallen sind.³⁾

Dr. N. J. Cuperus hat darum bei einer grösseren Reihe von normal hörenden Personen, zum Theil in den hiesigen Waisenhäusern, zum Theil in den Verpflegungsanstalten für alte Leute, zum Theil in meiner Abtheilung, Versuche über die Lage der unteren Tongrenze angestellt. Auch er hat sich mit Vorliebe der Appunn'schen Lamelle bedient, obwohl er oft zum Zweck der Vorbereitung des Ohres zu einer grossen Stimmgabel mit Laufgewichten griff, welche zum Armamentarium des Militärsitals gehört und Töne von 25—50 Schwingungen pro Secunde hervorbringen kann.

Ueber diese Untersuchungen erlaube ich mir Einiges zu berichten. — Die Methode, nach welcher Dr. Cuperus seine Beobachtungen anstellte, war immer dieselbe. In erster Linie wurde die Gehörschärfe der Versuchsperson mittelst der Flüstersprache bestimmt. Zu diesem Zwecke wurde immer das grösste Local ausgesucht, welches in den betreffenden Anstalten zu Diensten stand. Im Spitale übertraf dasselbe die Distanz von 18 Meter, welche Oskar Wolf als die normale Tragweite der Flüsterstimme annahm. In den Waisenhäusern erreichte das Local die Grösse von 10 und 12 Meter und in den Verpflegungsanstalten leider nur 8 Meter. Jedoch im letzteren Falle wurde jedesmal darauf gehalten, dass alle, auch die schwierigeren Worte von den Greisen

1) Der Verlust an hohen Tönen mit zunehmendem Alter. Archiv f. Ohrenheilkunde. Bd XXXII. S. 53.

2) Mittelwerthe. Die individuellen Werthe schwanken, um einen halben Ton in der Jugend, um einen ganzen Ton im Greisenalter, nach oben oder nach unten vom Mittelwerth.

3) Nederlandsch tijdschrift voor geneeskunde. Deel I. No. 16. p. 513.

genau wiederholt wurden, so dass wir zu der Annahme berechtigt sind, dass auch diese Versuchspersonen eine ziemlich normale Gehörschärfe darboten. Von der Untersuchung wurden übrigens immer diejenigen ausgeschlossen, welche in der letzten Zeit irgend welche Klagen über ihr Gehörorgan geäussert hatten oder bei der Inspection Aenderungen am Trommelfelle zeigten. Dann und wann wurde auch wohl von einer solchen Person ein Ohr benutzt. Auf diese Weise waren wir sicher, nur normal hörende Personen zur Untersuchung heranzuziehen. In zweiter Linie wurde dann die untere Hörgrenze bestimmt, wie bereits gesagt, mittelst der Appunn'schen Lamelle.

Dieser Apparat besteht aus einer einfachen Metall-Lamelle von 420 Mm. Länge, 12 Mm. Breite und 1 Mm. Dicke. In Schwingung gebracht, kann dieselbe sehr starke Lufterschütterungen hervorbringen; zur Verstärkung derselben ist an einem Ende der Lamelle eine runde Metallscheibe von 40 Mm. Durchmesser befestigt. Eine Scala von 4—24 bezeichnet die jeweiligen doppelten Pendelbewegungen, welche in einer Secunde ausgeführt werden. Damit sich Schwingungsknoten für Obertöne nicht bilden können, ist ein 50 Mm. langer Tuchring auf die Lamelle gezogen, welcher ungefähr in $\frac{1}{3}$ der jeweiligen Länge beliebig verschoben werden kann.

Die Lamelle wird nun in eine Holzklemme eingespannt, so dann an ihrem äusseren Ende (aus der Platte) an ihrer Gleichgewichtslage gebracht, vorsichtig losgelassen und auf diese Weise in Schwingungen versetzt.

Dieser Apparat ist nach dem Erfinder frei von Obertönen, und auch wir haben keine entdecken können. Der Ton, welchen die Lamelle hervorruft, gleicht einem sehr tiefen Summen, über dessen Lage in der Scala man sich keine rechte Vorstellung machen kann. Der Ton ist tiefer als die Klänge, welche gewöhnlich gehört werden, er ist dem Brummen eines Kreisels sehr ähnlich und wird am besten und längsten wahrgenommen, wenn das Ohr bereits vorbereitet ist.

Zu letzterem Zwecke liess Dr. Cuperus gewöhnlich erst die Töne aus der Contra-Octave unmittelbar vorhergehen. Auch bei dieser Vorsichtsmaassregel war die Hinunterführung bis zur wirklichen Grenze oft ungemein schwer. Die Lauschenden mussten sich offenbar sehr anstrengen und ihre ganze Aufmerksamkeit anwenden; aus diesem Grunde fielen mehrere Personen aus. So war es bei ganz jungen Kindern nicht möglich, ein zuverlässiges

Resultat zu bekommen, und ebensowenig bei mangelhafter Intelligenz der älteren Personen. Unter den Erwachsenen waren ungefähr $\frac{2}{3}$ für die Bestimmungen geeignet. Wo es gelang, die Aufmerksamkeit genügend zu fesseln, gaben die betreffenden Personen in der Regel ganz scharf an, an welcher Stelle der Scala der Eindruck eines Tones verloren ging. Anstatt eines Tones hörten sie dann ein Schwirren, wie von ihnen gewöhnlich aus eigenem Antriebe mitgetheilt wurde. Die Richtigkeit ihrer Angaben wurde immer durch Wiederholung der Bestimmungen nachgeprüft.

An die Bestimmung der unteren Tongrenze schloss sich die Bestimmung der oberen unmittelbar an. Dieselbe lieferte keine Schwierigkeiten, weil sie mittelst des Galtonpfeifchens stattfand. Dabei bestätigte Cuperus meine früheren Angaben über die Einkürzung des oberen Hörbereichs. Auch er fand in der Jugend die Tongrenze bei e^7 , im Greisenalter bei a^6 (Mittelwerthe; die individuellen normalen Werthe gehen im hohen Alter bis zu g^4 herunter. ¹⁾

Beschränken wir uns aber auf unsere eigentliche Aufgabe, die Bestimmung der normalen unteren Tongrenze. Aus der Tabelle (s. S. 302) geht hervor, dass wir ohne Frage mit zunehmendem Alter einen Theil unserer Scala verlieren. Die Durchschnittszahl aus allen Wahrnehmungen bei Personen unter 20 Jahren ist 10,10, die Durchschnittszahl aus allen Wahrnehmungen bei Personen über 60 Jahre ist 12,95. Also erleidet der Mensch, wenn er vom 15. bis 70. Jahre fortschreitet, einen Verlust von durchschnittlich 3 Schwingungen.

Wenn man die individuellen Werthe betrachtet, ist der Unterschied zwischen Jugend und Alter weit grösser. In der Jugend finden sich noch sehr viele Personen, welche 9 Schwingungen als untere Grenze angeben. Im Greisenalter finden sich mehrere, welche 15 Schwingungen als äusserste Leistung zeigen. Eben-

1) Bei Gradenigo, Krankheiten des Labyrinths und des Nervus acusticus in Schwartz's Handbuch der Ohrenheilkunde. Bd. II. S. 479 ist nach französischer Schreibweise citirt, also mi^9 statt e^7 u. s. w. Unter Verbesserung der eingeschlichenen Druckfehler finden sich dort die von mir festgestellten äussersten Grenzen der Perception in folgender Weise angegeben:

im jugendlichen Alter . . . = mi^9 (e^7),
 im Jünglingsalter = um $\frac{1}{2}$ Ton tiefer,
 bei Erwachsenen = zwischen ut^9 (c^7) und mi^9 (e^7),
 im Reifealter = zwischen sol^8 (g^6) und ut^9 (c^7),
 im vorgeschrittenen Alter = etwas über oder unter sol^8 (g^6).

Untere Tongrenze.

Anzahl der Schwingungen	10—20 Jahre			20—30 Jahre			30—40 Jahre			40—50 Jahre			50—60 Jahre			60 und mehr J.			Summa				
	Männer	Weiber	Summa	Männer	Weiber	Summa	Männer	Weiber	Summa	Männer	Weiber	Summa	Männer	Weiber	Summa	Männer	Weiber	Summa	Männer	Weiber	Summa		
9	2	11	13	11	—	11	2	—	2	2	—	2	—	—	—	—	—	—	17	11	28		
10	7	4	11	9	4	13	5	2	7	4	—	4	1	—	—	—	—	—	2	10	36		
11	6	5	11	12	2	14	7	—	7	2	—	2	6	—	6	2	9	11	35	16	51		
12	—	—	—	8	4	12	1	—	1	8	—	8	3	2	5	8	7	15	28	13	41		
13	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	2	6	3	9	8	5	13		
14	—	—	—	—	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	3	3	6	3	5	8		
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	4	3	1	4	5	3	8		
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	1	—	1		
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	3	—	3	3	3		
Anzahl der unter- suchten Gehör- organe	15	22	37	40	10	50	15	4	19	16	—	16	14	4	18	22	27	49	122	67	189		
Durchschnittszah- len der unteren Tongrenze . . .	10,10			10,54			10,85			11,00			12,33			12,95							

so gut würde man also den Verlust auf 6 Schwingungen feststellen können.

Bei diesen Betrachtungen ist jedoch ein wichtiger Umstand nicht aus dem Auge zu verlieren. Die Appunn'sche Lamelle schwingt nicht immer mit der gleichen Amplitude; je niedriger der Ton, desto grösser ist der Ausschlag der Lamelle; es ist daher fraglich, ob man die gleichen Verhältnisse gefunden haben würde, wenn für alle Tonhöhen die gleiche Amplitude, also die gleiche Intensität beibehalten wäre. Es ist sogar wahrscheinlich, dass in diesem Falle der Unterschied zwischen der Tongrenze der Jugend und derjenigen des Greisenalters sich nicht gerade so gross gezeigt hätte, wie es jetzt thatsächlich der Fall war, obgleich immerhin die Verschiedenheit nicht bedeutend sein kann.

Aus diesem Grunde sind alle numerischen Angaben über das Presbyakusische Gesetz für die untere Tongrenze voreilig. Aus den bis jetzt vorliegenden Versuchsergebnissen geht nur eine ungefähre Abschätzung hervor, welche sich vielleicht auf ein Sextintervall angeben liesse. Denn in der Jugend finden sich mehrere Individuen, deren Tongrenze bei $D^3 9$, und im hohen Alter mehrere, deren Tongrenze bei H^3 liegt. Die Breite von D bis H ist ein Sextintervall, welches unsere Tongrenze während des Lebens ganz gleichmässig durchläuft.